

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОУ ВПО ЛНР «ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО»**

**А.В. Калайдо,  
Е.Я. Сердюкова**

# **Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей**

**Учебно-методическое пособие**

для студентов магистратуры очной и заочной форм обучения  
по направлению подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по  
отраслям). Транспорт»

УДК 531(075.8)  
ББК 22. 21 я73  
К59

**Рецензенты:**

- Карпук И.А.* – и.о. декана факультета автоматизации и электротехнических систем ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент
- Сильчева А.Г.* – и.о. заведующего кафедрой физики и нанотехнологий ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат физико-математических наук, доцент;
- Капустин Д.А.* – и.о. заведующего кафедрой информационных технологий и систем ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», кандидат технических наук, доцент.

**Калайдо А.В., Сердюкова Е.Я.**

- К59 **Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей :** учебно-методическое пособие / А.В. Калайдо, Е.Я. Сердюкова; ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко». – Луганск : Книта, 2019. – 112 с.

В учебно-методическом пособии «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей» в полном объеме изложен лекционный материал по темам курса, а также представлено методическое обеспечение практических занятий исследовательского характера. Кроме того, приведены задания к самостоятельной работе студентов, снабженные алгоритмом ее выполнения.

Учебное издание предназначено для студентов магистратуры 1 года очной формы и заочной форм обучения по направлению подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Транспорт».

**УДК 531(075.8)  
ББК 22. 21 я73**

*Рекомендовано Учебно-методическим советом Луганского национального университета имени Тараса Шевченко  
в качестве учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по  
направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по  
отраслям). Транспорт»,  
(протокол № 11 от 11 июня 2019 г.)*

© Калайдо А.В., Сердюкова Е.Я., 2019  
© ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
<b>РАЗДЕЛ 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ</b>	
Тема 1. Тенденции развития автомобильного бортового электрического и электронного оборудования.....	7
1.1 Перспективы развития электрического и электронного оборудования...	7
1.2 Автотронные системы автомобиля .....	9
1.3 Перспективы развития автомобильных бортовых устройств.....	11
1.4 Современная микропроцессорная система зажигания с низкоуровневым многоканальным распределением энергии по свечам.....	11
Тема 2. Энергетическое обеспечение автомобиля	12
2.1 Назначение и структурная схема электрооборудования.....	12
2.2 Источники тока, регулирование напряжения генератора.....	15
2.3 Аккумуляторные батареи.....	18
Тема 3. Контрольно-измерительные системы и датчики.....	22
3.1 Измерение параметров рабочих процессов.....	22
3.2 Получение информации о температуре.....	23
3.3 Контроль уровня топлива в баке.....	24
3.4 Контроль функционирования системы электроснабжения.....	26
3.5 Измерение скорости автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя.....	26
Тема 4. Электронное управление системами пуска и зажигания автомобиля.....	29
4.1 Стартер, его назначение и функциональные особенности.....	29
4.2 Конструкции стартеров.....	31
4.3 Муфты свободного хода.....	32
4.4 Катушки и свечи зажигания.....	35
Тема 5. Электронные системы управления автомобилем.....	39
5.1 Управление карбюратором и впрыском топлива.....	39
5.2 Управление топливоподачей дизелей.....	42
5.3 Информационное обеспечение микропроцессорных систем управления двигателем.....	44
Тема 6. Специализированные бортовые системы автомобиля.....	51
6.1 Электронные противоугонные системы автомобиля.....	51
6.2 Системы бортовой самодиагностики автомобиля.....	54
6.3 Климат-контроль и круиз-контроль.....	55
6.4 Бортовой компьютер.....	56
Тема 7. Автомобильные мультимедийные системы передачи информации.....	58
7.1 Понятие об автомобильных мультимедийных системах.....	58
7.2 Локальные вычислительные сети (ЛВС).....	60
7.3 Физическая передающая среда в ЛВС.....	62
7.4 Основные топологии ЛВС.....	63
Тема 8. Электронные системы управления движением автомобиля.....	66
8.1 Антиблокировочная тормозная система.....	66
8.2 Противобуксовочная система автомобиля.....	67

8.3 Система управления курсовой устойчивостью автомобиля.....	69
8.4 Система автоматического управления трансмиссией автомобиля.....	73
8.5 Система автоматического управления подвеской автомобиля.....	74
<b>РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИКУМ</b>	
Практическое занятие № 1. Испытание стартерной аккумуляторной батареи.....	77
Практическое занятие № 2. Испытание свечей зажигания.....	80
Практическое занятие № 3. Изучение устройства и принципа работы автомобильных систем зажигания.....	84
Практическое занятие № 4. Испытание приборов системы пуска.....	89
Практическое занятие № 5. Испытание защитной и коммутационной аппаратуры автомобиля.....	94
<b>РАЗДЕЛ 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА</b>	
Вопросы к зачету по дисциплине «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей» .....	104
Заключение.....	107
Список рекомендованной литературы.....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных тенденций современного автомобилестроения является стремительный рост числа электрических и электронных систем, а также сфер их использования. В настоящее время такие системы обеспечивают надёжную работу узлов двигателя, трансмиссии и ходовой части, безопасность и комфортность движения, поддерживают требуемые микроклиматические параметры, автоматизируют сам процесс управления автомобилем, снижая вероятность ошибок вследствие человеческого фактора. Все системы и узлы современного автомобиля используют в процессе функционирования электрическую энергию.

Формирование у студентов системных знаний устройства электрического и электронного оборудования автомобилей и особенностей его функционирования является *целью* изучения дисциплины «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей», включенной в учебный план направления подготовки магистров 44.04.04 «Профессиональное обучение. Транспорт». К основным *задачам* курса следует отнести: формирование знаний об основных полупроводниковых приборах и принципах их работы; получение базовых знаний в области устройства электронного и микропроцессорного оборудования; формирование общих представлений у студентов об устройстве и принципе действия системы электрооборудования и электронных систем автомобиля; изучения новых электроно-микропроцессорных элементов автомобилей; формирование практических умений выявления неисправностей электрооборудования и электронных систем современного автомобиля, а также формирование практических навыков работы с оборудованием для проверки и регулировки приборов электрооборудования.

Согласно учебному плану на аудиторное изучение дисциплины «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей» отводится 24 часа, из которых 14 часов – лекционные занятия и 10 часов – практические, еще 48 часов выделяется на самостоятельную работу студентов.

По результатам изучения дисциплины «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей» студенты магистратуры направления подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Транспорт» должны:

– *знать* законы постоянного и переменного тока, принципы производства, распределения и потребления электрической энергии, законы электромагнетизма, основные системы автомобиля и их назначение, устройство и работу основных приборов электрооборудования, электронных и микропроцессорных систем автомобилей, типы датчиков, используемые в автомобилях, принцип действия датчиков различных типов;

– *уметь* использовать положения лекционного курса для эксплуатации электрооборудования; диагностики неисправностей электрооборудования автомобилей; из возможных вариантов построения электрических схем выбирать наиболее оптимальные с точки зрения надежности и безопасности;

применять полученные знания при решении практических задач обеспечения бесперебойной работы электрооборудования автомобилей; правильно оценивать показания датчиков;

– *владеть* всеми используемыми методиками расчета электрических цепей автомобиля; измерительным оборудованием для определения соответствия текущих параметров работы электронных и микропроцессорных систем; навыками работы с технической документацией и электронными источниками информации; методами диагностики неисправностей электронных и микропроцессорных систем; навыками проектирования простейших однофазных электрических цепей постоянного и переменного тока; навыками использования электроизмерительной аппаратуры и основного оборудования для проверки и регулировки приборов электрооборудования.

Целью настоящего учебно-методического пособия является обеспечение методического сопровождения процесса изучения дисциплины «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей». Поэтому пособие содержит три основных блока, соответствующих видам работ при освоении дисциплины – лекционный блок, практикум и блок самостоятельной работы. Теоретический материал в пособии включает 9 разделов, что позволяет не только полностью осветить программные вопросы курса, но и варьировать объем излагаемого материала в зависимости от уровня подготовки группы по базовым дисциплинам.

Практикум по дисциплине включает 5 работ измерительного характера, в ходе которых студенты отработывают навыки сборки электрических схем и применения контрольно-измерительной аппаратуры. Каждая работа содержит краткую теоретическую часть, подробный порядок выполнения работы, методику расчета измеряемых величин. Контрольные вопросы в конце работы должны ориентировать студентов на наиболее практически значимые аспекты рассматриваемой темы.

Пособие составлено в полном соответствии с действующей рабочей программой курса «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей», предназначено для студентов магистратуры первого года обучения, проходящих подготовку по направлению 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Транспорт» и является результатом преподавательской деятельности авторов на кафедре технологий производства и профессионального образования Луганского национального университета имени Тараса Шевченко.

## РАЗДЕЛ 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### ТЕМА 1. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО БОРТОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### 1.1 Перспективы развития электрического и электронного оборудования

Современный автомобиль состоит из четырех основных агрегатов: двигателя внутреннего сгорания (ДВС), кузова, шасси и ходовой части. Эти агрегаты состоят из различных функциональных систем, обеспечивающих выполнение главной функции автомобиля – перевозки грузов и пассажиров. Чтобы транспортировка было безопасной, а пассажирам – и комфортной, чтобы агрегаты, узлы, блоки, системы работали безотказно, в автомобиле широко используются электротехнические устройства и средства электронной автоматики.

В последние годы техническая оснащенность автомобилей электронной бортовой автоматикой значительно возрастает. Недавно микропроцессорные системы зажигания, электронные системы управления гидравлическими тормозами, системы впрыска бензина, бортовая самодиагностика считались последними достижениями в сфере автомобильного апарато- и приборостроения. Теперь их относят к классическим системам и устанавливают на каждый серийный автомобиль.

На современные модели автомобилей дополнительно начинают устанавливать не вполне традиционные бортовые автоматические системы, к которым относятся: информационная система водителя с микропроцессорным обеспечением; спутниковая навигационно-поисковая система; радарные и ультразвуковые системы защиты автомобиля от столкновения и угона; системы повышения безопасности и комфорта людей салоне; система круиз-контроля; система «электронная карта»; мультиплексный электропривод.

Параллельно проводятся поиски эффективных компьютерных технологий обработки информации в бортовых электронных системах. Разработаны и уже находят применение так называемые лингвистические функциональные преобразователи, работающие с нечеткими подмножествами лингвистических переменных, выраженных отдельными словами или целыми предложениями на естественном (английском) или искусственном (компьютерном) языке. При некотором усложнении логических и арифметических операций на микро-ЭВМ это позволяет повысить точность и скорость обработки сигналов. Как следствие, значительно усложнился интерфейс и возникла потребность в введении CAN-протокола в мультиплекса систему.

На основе электронных систем автоматического управления двигателем (ЭСАУ-Д) и тормозами (ЭСАУ-Т) разработана и уже применяется гироскопическая система VDC повышения курсовой устойчивости автомобиля на дороге в сложных условиях движения. Система VDC работает по принципу запрограммированного под внештатные условия движения, общего на крутящий момент ДВС (через систему ASR) и анти-блокировочную систему

тормозов ABS, чем исключается боковое ведение (снос) автомобиля при поворотах на большой скорости или скользкой дороге. Водителю в этом случае отводится роль активного наблюдателя, контролирующего и корректирующего поведение автомобиля.

Интенсивно ведутся исследования возможности применения электромагнитных клапанов с электронным управлением в газораспределительном механизме (ГРМ) поршневого ДВС. Идея замены классических механических клапанов электромагнитными существенно повысит КПД двигателя, но практическая реализация пока является крайне трудоемкой задачей.

## **1.2 Автотронные системы автомобиля**

Современные системы автомобильной бортовой автоматики кардинально отличаются от классических, чисто электронных систем широким разнообразием принципов действия входящих в их составяющие подсистемы. В зависимости от решаемой задачи к новой системе в качестве основных компонентов могут входить как электрические и электронные узлы и блоки, так и механические, гидравлические, светооптические, ультразвуковые и любые другие устройства, имеющие неэлектрическую природу функционирования. Их роль в реализации заданной функции управления главная, хотя все информационные процессы в системе реализуются на уровне электронных блоков управления (ЭБУ), а новейших системах – в бортовых микропроцессорах. Такие большие составные комплексы управления нельзя отнести ни к механическим, ни к электрическим, ни к электронным, ни к любым другим «чистым» по принципу действия системам. Поэтому новейшие системы автомобильной бортовой автоматики, устанавливаемые на концептуальные автомобили, получили полное название – *автотронные системы*.

Автотронная система, управляя прочими процессами через неэлектрическую периферию на выходе, сама управляется от сигналов, имеющих электрическую природу, созданных неэлектрической входной периферией.

*Микропроцессор* – это центральный орган управления (мозг) автотронной системы, его главная функция заключается в преобразовании электрических информационных сигналов об условиях движения автомобиля, полученных от входной периферии, в электрические сигналы управления, которые несут информацию об интенсивности и последовательность неэлектрических воздействий на неэлектрические органы управления. Такая информация формируется в процессоре в виде кодовых последовательностей электрических импульсов, которые для непосредственного управления неэлектрическими органами непригодны.

Для согласования энергетических уровней без нарушения информационного содержания на выходе микропроцессора реализуется обратное преобразование информационных сигналов из цифровой в аналоговую форму. Эту функцию выполняют цифро-аналоговые



преобразователи (ЦАП), которые одновременно являются усилителями мощности аналоговых электрических сигналов.

Чтобы выполнять управляемое неэлектрическое воздействие на неэлектрические органы, за ЦАП устанавливаются концевые преобразователи электрических сигналов в механические или любые другие неэлектрического воздействия. В отличие от электронной системы, автотронная система включает в себя и неэлектрические объекты управления, являющиеся конечными потребителями информации.

На рис. 1.1 показано автотронное управления насос-форсунками, которые используются в системах впрыска бензина под большим давлением в камеру сгорания для реализации внутреннего смесеобразования. Начиная с 2000 года такие форсунки стали устанавливаться в двигателях экспериментальных легковых автомобилей фирмы TOYOTA (Япония).

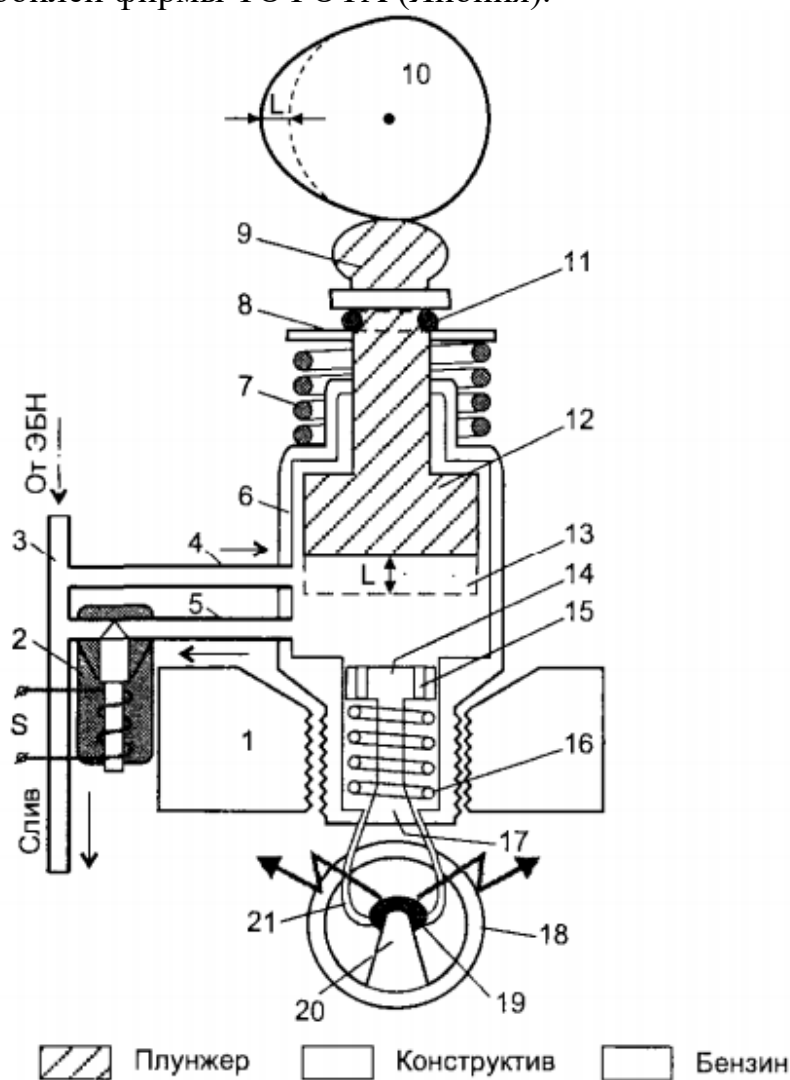


Рисунок 1.1 – Насос-форсунка системы впрыска бензина: 1 – фрагмент блока цилиндров в зоне камеры сгорания; 2 – магнитоэлектрический гидроклапан в сливном канале; 3 – главная бензомагистраль; 4 – подающая бензомагистраль; 5 – сливной канал (обратная бензомагистраль); 6 – корпус насос-форсунки; 7 – возвратная пружина плунжера; 8 – опорная тарелочка пружины плунжера; 9 – толкатель плунжера; 10 – кулачок распределительного вала; 11 – запорное

кольцо опорной тарелочки; 12 – поршень плунжерного насоса; 13 – рабочая полость насос-форсунки; 14 – гидромеханическая форсунка закрытого типа высокого давления (100...150 атм), 15 – пропускной канал из полости плунжерного насоса в полость форсунки; 16 – возвратная пружина запорного клапана форсунки; 17 – дисковый запорный клапан форсунки; 18 – свеча зажигания (СЗ); 19 – центральный электрод СЗ; 20 – боковой электрод; 21 – конус (струя) распыленного бензина; 21 – ход плунжера

Насос-форсунка (рис. 1.1), будучи гидромеханическим устройством, приводится в действие от кулачка 10 распределительного вала ДВС, а управляется от электронной системы S автотронного управления впрыском (ЭСАУ-В) в виде быстродействующего электрогидравлического клапана 2.

Насос-форсунка является ярким примером компонента, входящего в состав автотронной системы. Входящими неэлектрическими сигналами здесь служат: частота вращения и угловое положение распределительного вала; абсолютное давление (разрежение) во впускном коллекторе; температура двигателя и положения водительского педали газа. Эти неэлектрические величины с помощью соответствующих датчиков и АЦП превращаются в числоимпульсную последовательность электрических сигналов и подаются на вход микропроцессора ЭСАУ-В. В процессоре путем математической обработки входных сигналов происходит формирование последовательности управляющих импульсов для электрогидравлического клапана насос-форсунки.

В данном случае ЦАП на выходе микропроцессора не применяется, но управляющие импульсы усиливаются в усилителе мощности и подаются на обмотку электромагнита гидроклапана 2. Гидроклапан представляет выходной исполнительное устройство автотронной системы. Однако объектом управления является не гидроклапан, а точно отмеренный по массе и распределенный по времени поток 21 распыленного бензина, который поступает в объем цилиндра через дисковый запорный клапан 17 форсунки. Управление струей позволяет получить так называемый послойный впрыск бензина, суть которого заключается в строго дозированной подаче топлива отдельными порциями в строго определенное время.

За один цикл впрыска бензин подается не сплошной однородной струей, как в обычной форсунке с электронным управлением, а несколькими частями, каждая из которых образует «свой» коэффициент избытка воздуха  $\beta$ . В объеме цилиндра образуется послойная структура ПП-смеси с разной концентрацией компонентов.

Преимущество прямого послойного впрыска бензина в том, что в первый момент зажигания в зоне центрального электрода 19 свечи зажигания 18 имеет место стехиометрическая (нормальная) ПП-смесь с коэффициентом  $\beta = 1$ , которая легко воспламеняется. Далее процесс горения бензина со значительным избытком кислорода ( $\beta = 2,0$ ) поддерживается с помощью «открытого огня», образовавшегося в начальный момент зажигания. Такой процесс сгорания ПП-смеси позволяет получить значительную экономию бензина (до 35%), снизить

выбросы в атмосферу угарного газа  $CO$  и углеводородов  $CH$ , а также увеличить удельную мощность двигателя.

### **1.3 Перспективы развития автомобильных бортовых устройств**

Наиболее интенсивно совершенствуются узлы, агрегаты и схемы классического электрооборудования. Достаточно скоро в бортовых системах автомобиля будет внедрено второе рабочее напряжение 42 В. Это связано с необходимостью повышения напряжения электропитания для новейших энергоемких потребителей, таких как силовые электромагнитные гидроклапаны, электромагнитные соленоиды силовых исполнительных устройств, мощные электродвигатели, силовые электронные коммутаторы, мультиплексная электропроводка и тому подобное. Понятно, что при повышении напряжения электропитания соответственно уменьшаются токи в цепях потребителей, что обеспечит надежную и экономичную работу. Но сразу переводить все электропотребители на новое напряжение, как это было сделано при переходе с 6 на 12 В, сегодня нерационально. Причина этого – выпуск 12-вольтовых потребителей огромными сериями, технологическая оснащенность производства и, главное, все эксплуатируемые сейчас автомобили оборудованы 12-вольтовыми потребителями (электролампы, электродвигатели, электронное и микрокомпьютерное оснащение, аудио-, радио-, видеоаппаратура, бортовая самодиагностика и т.п.).

Единой стратегии перехода бортовой системы автомобиля на более высокое напряжение пока нет. Считают, что некоторое время на автомобиле будут два напряжения: 12 В – для классического электрооборудования, и 42 В – для новейших мощных потребителей. Такой подход широко используется на многотонных грузовых автомобилях, где мощные электропотребители 24-вольтовые, а освещение – от 12 В.

Еще более яркий пример – электромобили. Здесь главная тяговая аккумуляторная батарея, управляющий контроллер и тяговый электродвигатель рассчитаны на напряжение 120...380 В и соединены между собой отдельными цепями. В этом борт-система остается 12-вольтовой.

Из вышесказанного ясно, что функциональное разнообразие бортовых электронных устройств неизбежно приводит к необходимости использования автомобилем нескольких первичных электрических источников с различными рабочими напряжениями. При этом вполне возможно, что будет использоваться и переменное синусоидное напряжение для специальных потребителей.

При новые напряжения прежде всего будут модернизированы бортовые электромашины, уже сейчас значительно видоизменен электростартер. В нем раннее последовательное возбуждение заменено возбуждением от постоянных магнитов. Жесткая механическая характеристика электродвигателя такого стартера согласуется с пусковым моментом ДВС непосредственно планетарным редуктором (редуктора Джеймса). Давно нет коллекторных генераторов постоянного тока, их заменили многофазные синусоидальные генераторы с полупроводниковыми выпрямителями и электронными регуляторами напряжения. Но такие генераторы могут существенно видоизмениться в случае

появления второго рабочего напряжения если потребность в высоковольтном переменном напряжении станет реальной. Ведутся также разработки по созданию универсальной электрической машины, так называемого «стартер-генератора», который сможет выполнять две функции: запуск ДВС и подачу электроэнергии в борт-систему после запуска двигателя.

#### 1.4 Современная микропроцессорная система зажигания с низкоуровневым многоканальным распределением энергии по свечам

Современная микропроцессорная система зажигания с низкоуровневым многоканальным распределением энергии по свечам является наиболее совершенным решением проблемы принудительного электроискрового заполнения ПП-смеси в цилиндрах поршневого ДВС, но это предел достижений.

Уже испытаны лазерные свечи зажигания, которые работают непосредственно от электронной схемы управления без промежуточных энергонакопителей. Это позволит значительно повысить надежность и КПД системы зажигания, а также избавить ее от высокочастотных электроискровых препятствий на другие узлы и блоки бортовой электронной автоматики.

Электронной схемой управления может быть магнитный модулятор сжатия, работающий на ферромагнитных сердечниках насыщения (рис. 1.2). Основным элементом в системе зажигания является высоковольтный трансформатор с насыщенными сердечниками. Если магнитопровода трансформатора ввести в режим насыщения, его коэффициент трансформации резко падает и энергия из первичной обмотки во вторичную не трансформируется.

Выходной трансформатор имеет два изолированных друг от друга магнитопровода –  $M_1$  и  $M_2$ , охваченных общей первичной обмоткой  $W_1$ . Каждый магнитопровод оснащен отдельной обмоткой управления ( $W_B'$  и  $W_B''$ ) и отдельной двухвыводной вторичной обмоткой ( $W_2'$  и  $W_2''$ ). Когда по управляющей обмотке  $W_B'$  протекает ток, достаточный для насыщения сердечника  $M_1$ , а обмотка  $W_B''$  обесточена, то высокое напряжение наводится только во вторичную обмотку  $W_2''$ . Если обесточить управляющую обмотку  $W_B'$  и пропустить ток насыщения по обмотке  $W_B''$ , то насыщение наступит в сердечнике  $M_2$  и высокое напряжение будет трансформировано только в обмотку  $W_2'$ . Система зажигания с трансформатором насыщения имеет высокую надежность, малые габариты и вес.

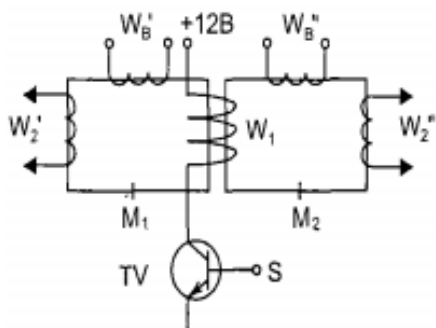


Рисунок 1.2 – Магнитный модулятор

## ТЕМА 2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ

### 2.1 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 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 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.

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* – обеспечивают электроэнергией всех потребителей;
- *потребители тока* – к ним 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.

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:

- *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;

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

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

- *электронные системы управления агрегатами и механизмами* – исполнительные механизмы приводов, топливоподачи, сцепления, тормозных

механизмов, работающих в режиме антиблокировки или противобуксовки, локаторные системы предотвращения столкновений и развертывания средств пассивной защиты и др.

## 2.2 Источники тока, регулирование напряжения генератора

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. 2.1) являются статор и ротор.

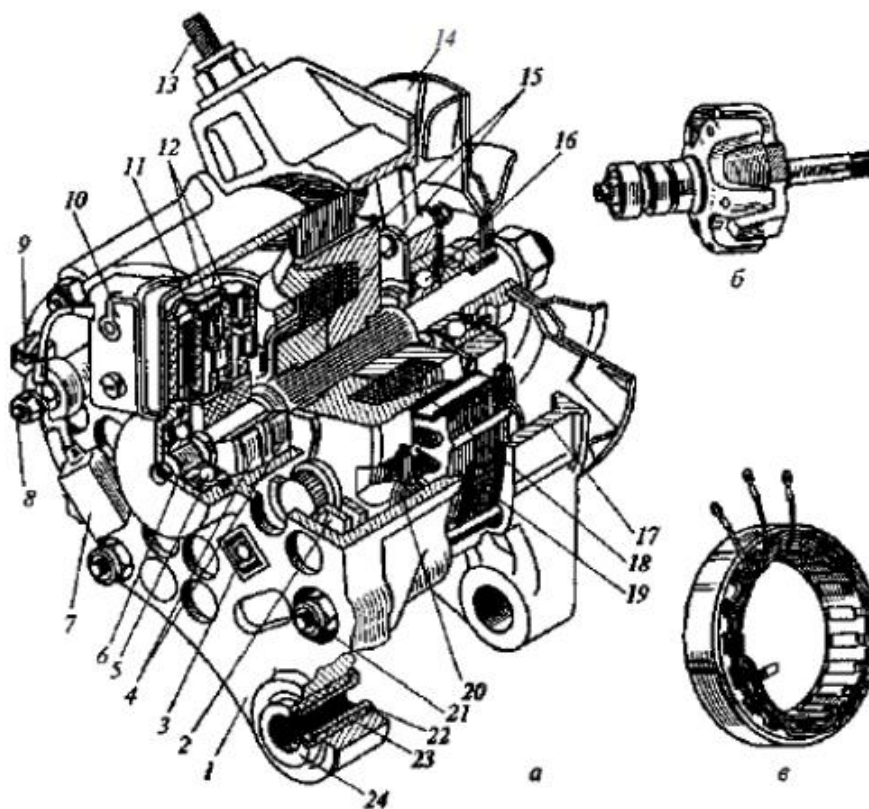


Рисунок 2.1 – Генератор Г-222: а – общий вид; б – полюсные наконечники ротора; в – статор с обмоткой; 1 – крышка; 2 – блок выпрямителей; 3 – винт; 4 – контактные кольца; 5 и 16 – подшипники; б – вал; 7 – чехол вывода;

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

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.

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 клювообразными 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. 2.2) 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 каждой трех диодов объединены.

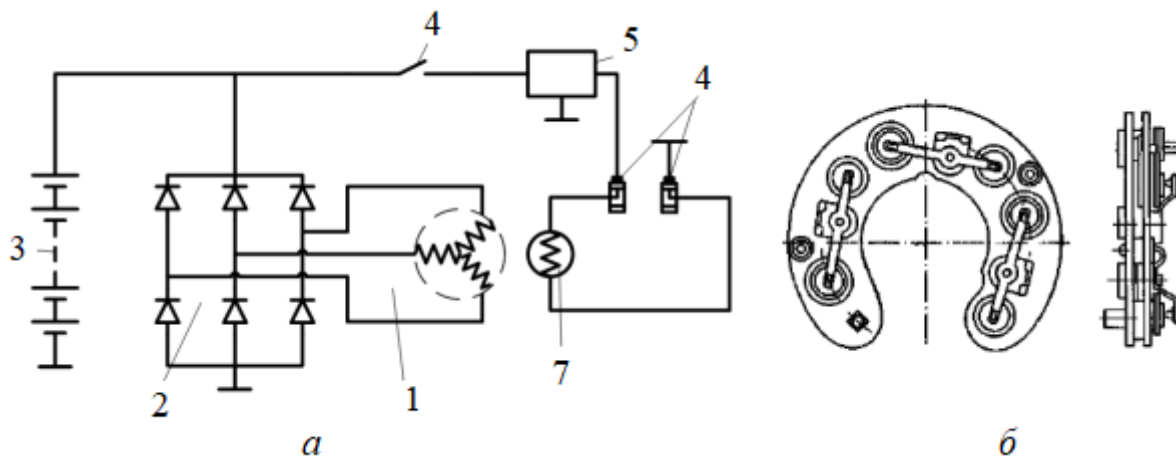


Рисунок 2.2 – Электрическая схема: а – генератора; б – выпрямительного блока; 1 – статорная обмотка генератора; 2 – блок выпрямительных диодов; 3 – аккумуляторная батарея; 4 – ключ зажигания; 5 – регулятор напряжения; 6 – щеточный узел генератора; 7 – обмотка возбуждения

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. 2.2, б) и установлен в районе щеточного узла генератора.

Напряжение генератора при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя должно поддерживаться на строго определенном уровне, зависящем от потребного 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 вынуждает все еще использовать их.

Наибольшей надежностью и простотой в эксплуатации обладают *электронные регуляторы напряжения*, упрощенная схема которых показана на рис. 2.3: 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.

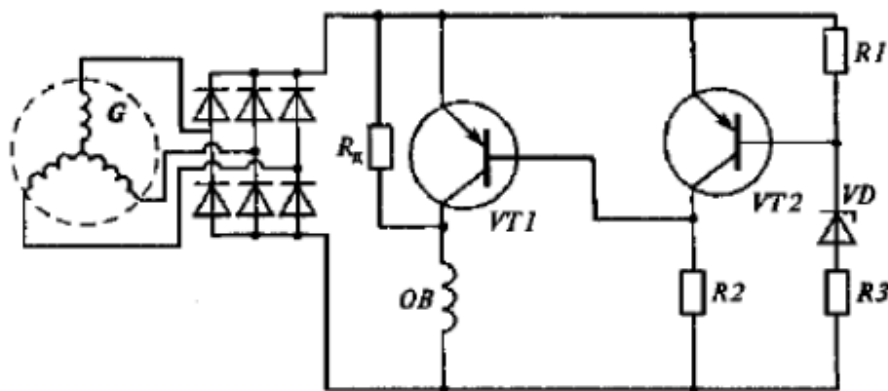


Рисунок 2.3 – Транзисторный регулятор напряжения генератора:  $G$  – генератор;  $R_d$  – дополнительный резистор;  $OB$  – обмотка возбуждения;  $R1-R3$  – резисторы;  $VT1$  – силовой транзистор;  $VD$  – стабилизирующий диод;  $VT2$  – управляющий транзистор

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.

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

### 2.3 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, то есть 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, то есть

$$C_p = I_p \cdot t_p \quad (2.2)$$

Время разряда задают (обычно – 20 ч) и полагают, что сила тока равна 5% численного значения емкости  $C_p$ . За *единицу заряда* (разряда) принимают кулон (1 Кл = 1 А·с), но на практике используют другую единицу – ампер-час: 1 А·ч = 3 600 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 электрода (рис. 2.4), 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. Высокие характеристики имеют 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).

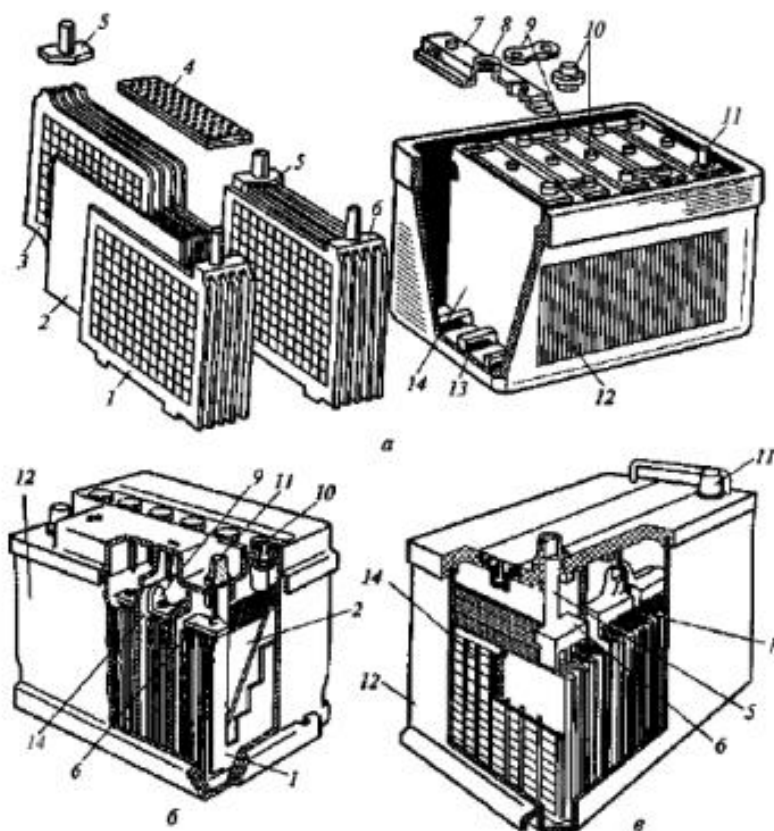


Рисунок 2.3 – Аккумуляторные батареи: а – с открытыми, б и в – с закрытыми межэлементными соединениями; 1 и 3 – отрицательный и положительный электроды, соответственно; 2 – сепаратор; 4 – предохранительный щиток; 5 – выводной штырь; 6 – перемычка (мостик); 7 – крышка; 8 – отверстие для заливки электролита; 9 – перемычка; 10 – пробка; 11 – вывод; 12 – моноблок; 13 – упорный выступ на днище; 14 – полость ячейки

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  $45^\circ$  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 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 (то есть 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.

## ТЕМА 3. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ДАТЧИКИ

### 3.1 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 подводятся 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.

В корпусе 5 (рис. 3.1) 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.

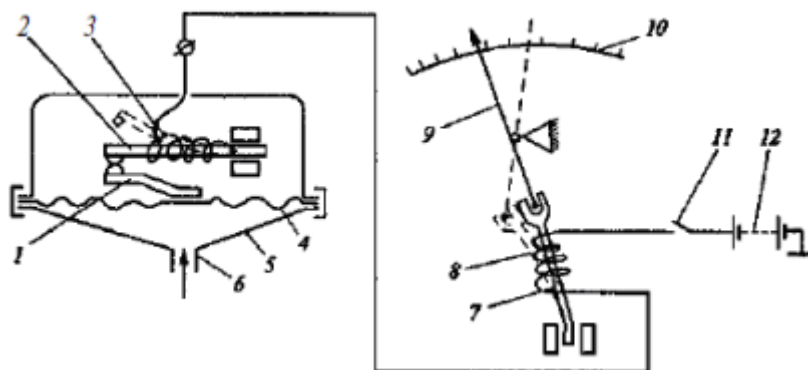


Рисунок 3.1 – Конструкция термобиметаллического манометра: 1 – корпус; 2 – мембрана; 3 – переменный резистор (реостат); 4 – ползунок переменного

резистора; 5 и 8 – катушки указателя (логометра); 6 – стрелка указателя; 7 – магнит; 9 – аккумуляторная батарея; 10 – термокомпенсационный резистор

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 б 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 (рис. 3.1, пунктир) и разрывает контакты электрической цепи.

### **3.2 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. 3.2) 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.

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.

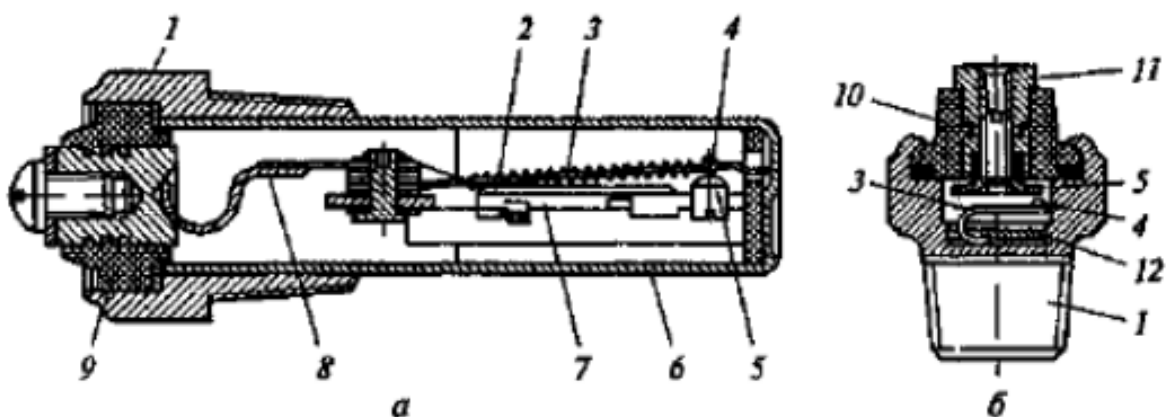


Рисунок 3.2 – Датчики температуры: *а* – термобиметаллический импульсный; *б* – сигнализатор аварийной температуры; 1 – корпус; 2 – обмотка нагревателя, 3 – биметаллическая пластина; 4 и 5 — контакты (подвижный и неподвижный); 6 – баллон; 7 – кронштейн; 8 – токоподводящий контакт; 9 – основание; 10 – втулка; 11 – зажим; 12 – шайба

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 сигнализатор превышения допустимой температуры (перегрева). На автомобилях используют только биметаллические датчики-сигнализаторы (рис. 3.2, *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°C. Замыканием контактов включается сигнальная лампа перегрева двигателя.

### 3.3 Контроль уровня топлива в баке

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

*Реостатный датчик* (рис. 3.3) 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, включенный параллельно катушке 11.

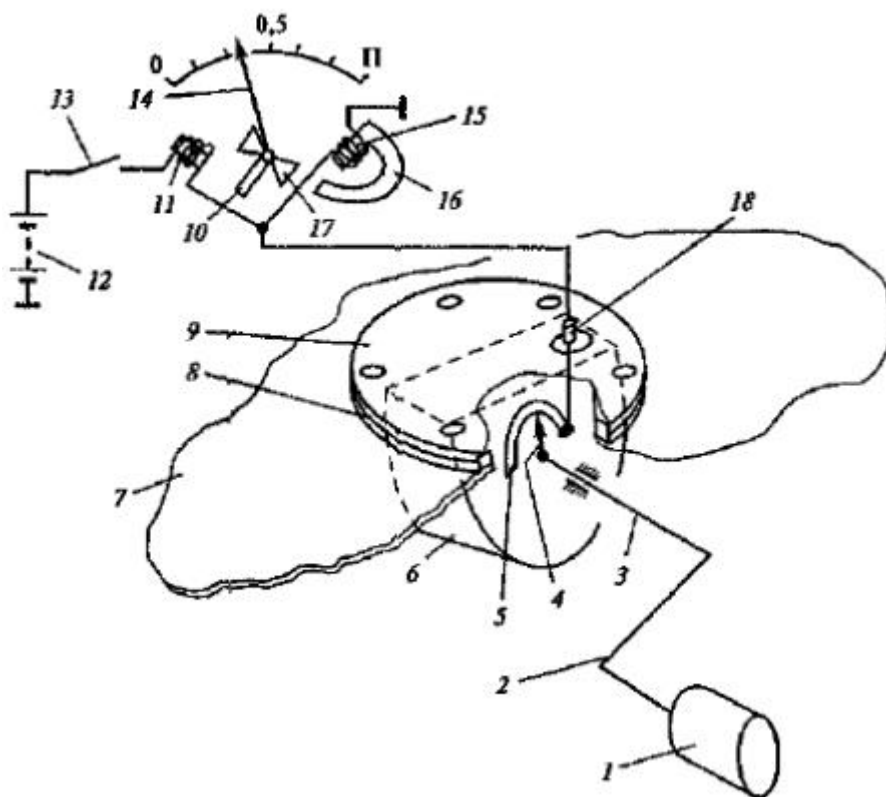


Рисунок 3.3 – Датчик и указатель уровня топлива в баке: 1 – поплавок; 2 – рычаг; 3 – ось; 4 – ползунок реостата; 5 – реостат; 6 – корпус; 7 – верхняя стенка топливного бака; 8 – резиновая прокладка; 9 – фланец; 10 – противовес; 11 и 15 – катушки; 12 – аккумуляторная батарея; 13 – контакт замка зажигания; 14 – стрелка; 16 – магнитопровод; 17 – якорек; 18 – вывод; 0 – «Пустой бак»; П – «Полный бак»

При пустом баке поплавок 1 опущен и рычагом 2 поворачивает ползунок 4 реостата, выводя 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, то есть высоты всплытия поплавка в зависимости от уровня топлива в баке. Противовес 10 служит для возврата стрелки указателя в нулевую позицию.

### 3.4 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. 3.4) 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, устанавливая стрелку указателя в нулевую позицию.

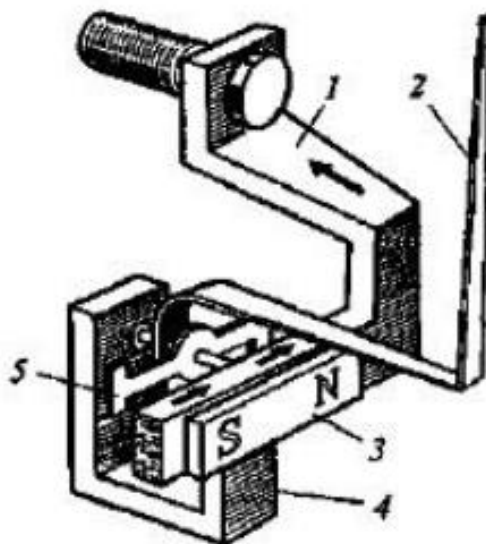


Рисунок 3.4 – Амперметр для контроля зарядно-разрядного процесса в системе электрооборудования автомобиля: 1 – шина; 2 – стрелка; 3 – магнит; 4 – основание; 5 – якорь

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.

### **3.5 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. 3.5), 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.

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 уравновесится 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. 3.5, б).

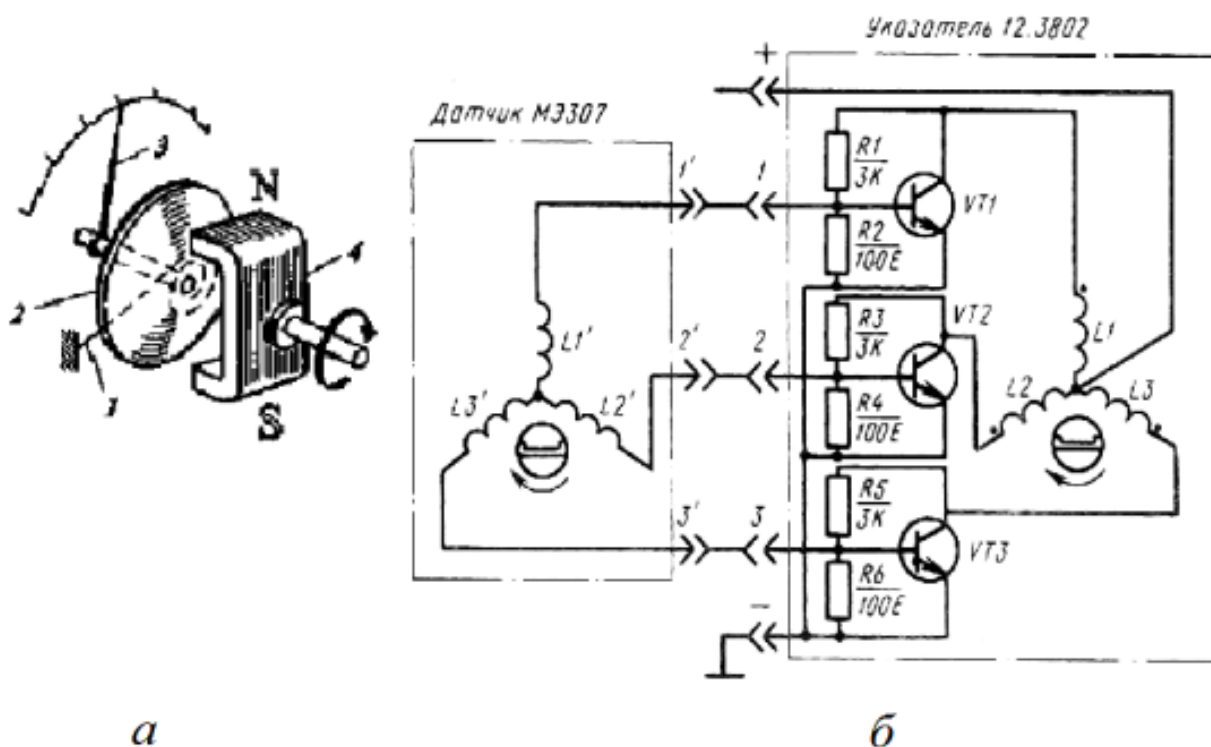


Рисунок 3.5 – Указатель спидометра (а) и схема (б) соединения датчика и указателя спидометра с электроприводом: 1 – анкерная пружина; 2 – диск; 3 – стрелка; 4 – магнит; К1–К3, К1' – К3' – катушки индуктивности; Р – датчик; Р1 – приемник; R1–R6 – резисторы; VT1– VT3 – транзисторы; N и S – полюсы магнитов

## ТЕМА 4. ЭЛЕКТРОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ ПУСКА И ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

### 4.1 Стартер, его назначение и функциональные особенности

Для проворачивания коленчатого вала двигателя при пуске используют электродвигатели постоянного тока – *стартеры*. При пуске в начале проворачивания коленчатого вала момент сопротивления повороту максимальный, поэтому необходимо использовать двигатели постоянного тока, имеющие наибольший крутящий момент на малой частоте вращения. Этому условию удовлетворяют серийные двигатели постоянного тока, то есть 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<sup>-1</sup>, а для дизелей – 100...250 мин<sup>-1</sup>. 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. 4.1) 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.

*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.

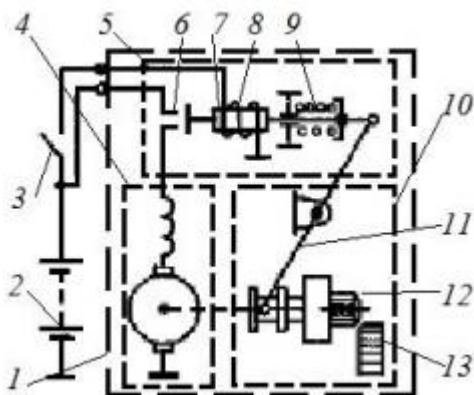


Рисунок 4.1 – Схема электростартерного пуска двигателя: 1 – стартер в сборе с элементами управления; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – выключатель; 4 – электродвигатель; 5 – тяговое реле; 6 – контактный диск; 7 – обмотка электромагнита; 8 – якорь, 9 – возвратная пружина; 10 – приводной механизм; 11 – рычаг; 12 – шестерня; 13 – маховик двигателя

Тяговое реле состоит из тягового электромагнита с обмоткой 7 и якорем 8. Якорь расположен на штоке, с одной стороны которого установлен контактный диск 6 включателя 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.

#### 4.2 Конструкции стартеров

Типовой конструкцией стартера в виде цилиндрического корпуса можно считать стартер СТ-130АЗ, устанавливаемый на двигателях автомобилей ЗИЛ-431410 (рис. 4.2).

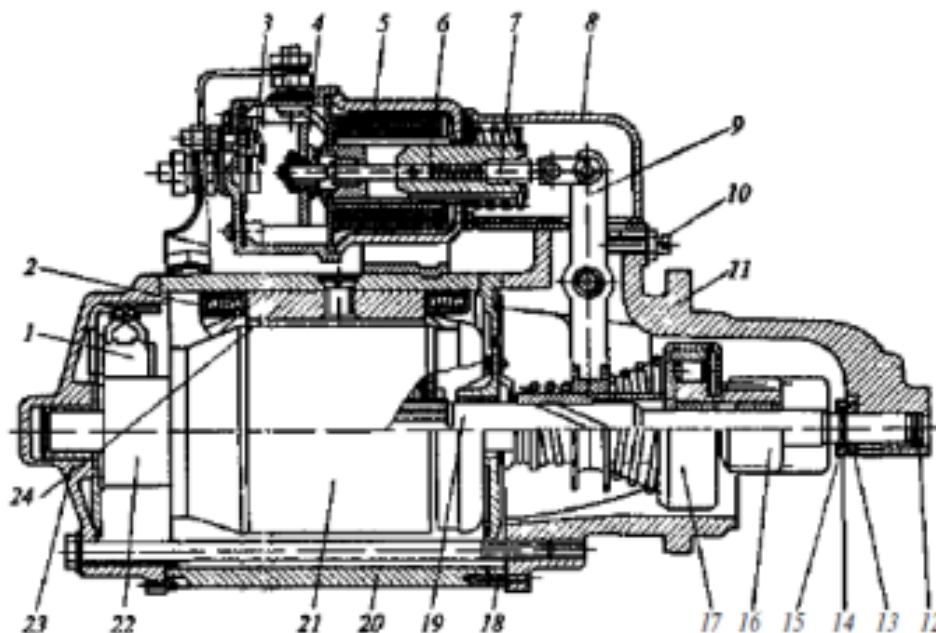


Рисунок 4.2 – Электростартер с радиально расположенными щетками: 1 – щетки; 2 – обмотка статора; 3 – контакты тягового реле; 4 – подвижный контакт; 5 – обмотки тягового электромагнита; 6 – якорь; 7 – тяга; 8 – кожух; 9 – рычаг; 10 – винт регулировки хода шестерни; 11 – крышка со стороны привода; 12 – фильц 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. 4.2 – 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 левой задней 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. 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.

#### **4.3 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 сопряженных 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. 4.3, *а*) или четырьмя (рис. 4.3, *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 и прекращается передача крутящего момента и вращения между ними.

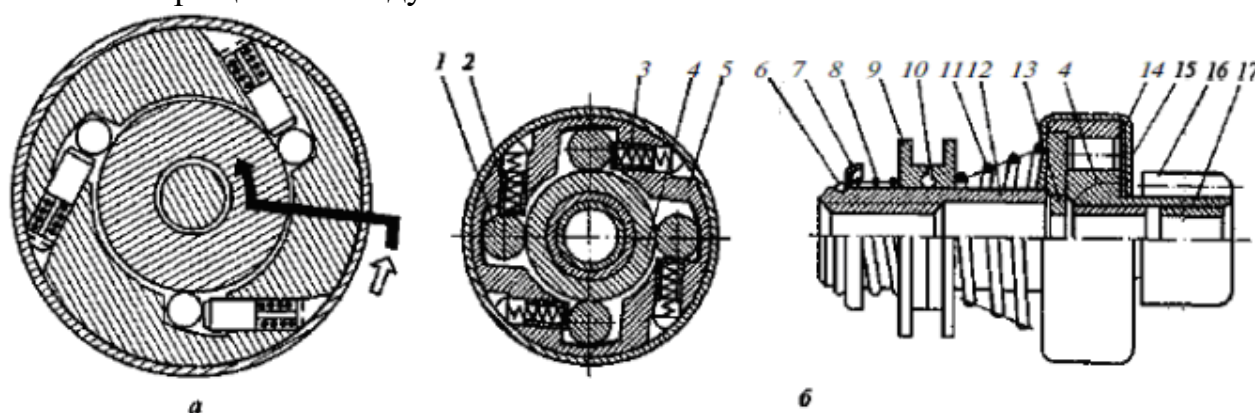


Рисунок 4.3 – Роликовые муфты свободного хода: а – трехроликовая; б – четырехроликовая; 1 – ролик; 2 – плунжер; 3 – пружина; 4 – внутренняя (ведомая) обойма; 5 – наружная обойма; 6 – стопорное кольцо; 7 – упорное кольцо; 8 – пружина; 9 – поводковая муфта; 10 – замковое кольцо; 11 – буферная пружина; 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. 4.4) 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.

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.

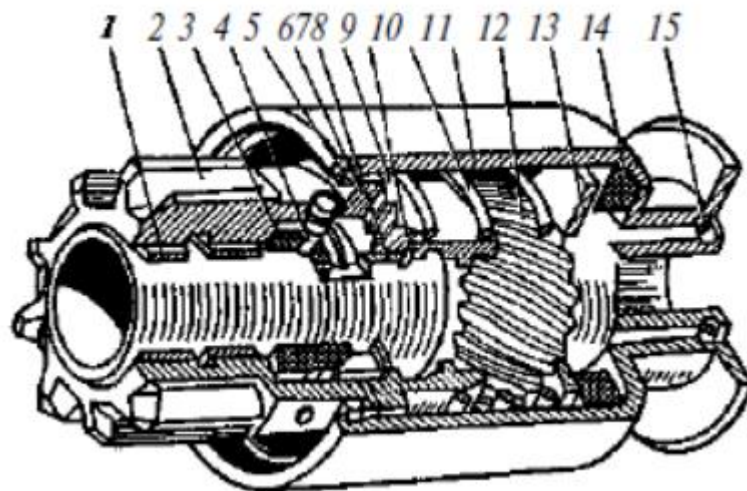


Рисунок 4.3 – Храповая муфта свободного хода: 1 – подшипник; 2 – шестерня; 3 – сухарь; 4 – направляющий штифт; 5 и 15 – замковые кольца; 6 – ведомая половина храповой муфты; 7 – коническая направляющая втулка; 8 – ведущая половина храповой муфты; 9 и 13 – шайбы; 10 – пружина; 11 – корпус; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

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 упираются 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  $30^\circ$ , что облегчает ее вход в зацепление с зубчатым венцом маховика.

#### 4.4 Катушки и свечи зажигания

Катушки зажигания выполняют в основном по типовой схеме. Они различаются по конструкции магнитной цепи. Катушки с замкнутой магнитной цепью (рис. 4.5, а, б) располагаются на одном из кернов Ш- или П-образного сердечника, установленного с зазором относительно ярма.

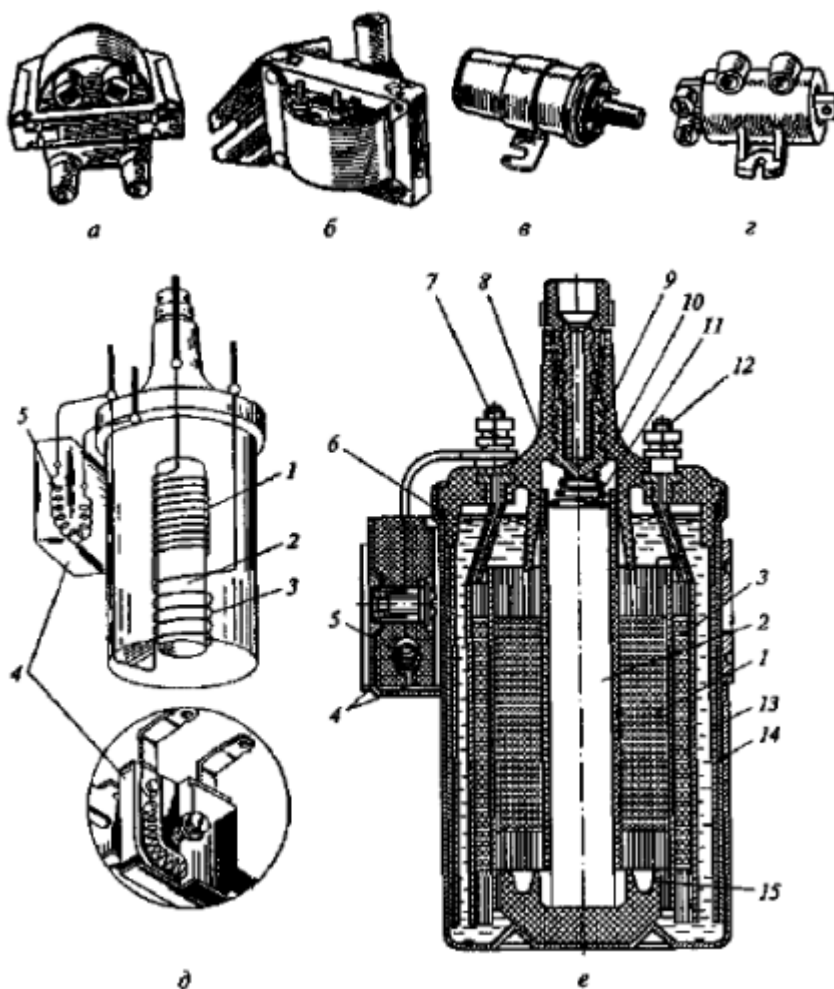


Рисунок 4.5 – Схема и конструкция катушки зажигания Б-115, общие виды катушек зажигания с замкнутой (а и б) и разомкнутой (в – е) магнитной цепью: 1 и 3 – высоковольтная и низковольтная обмотки катушки; 2 – сердечник; 4 – керамические пластины; 5 – дополнительный резистор (вариатор); 6 – герметизирующее кольцо; 7, 9 и 12 – выводы; 8 – крышка; 10 – пружина; 11 – контактная пластина; 13 – корпус; 14 – магнитопровод; 15 – изолятор

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. 4.5, 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.

В собранном виде (рис. 4.5, 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 смонтирован 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.

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

*Стандартная свеча* (рис. 4.6) 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 напряжения герметизируется резиновой втулкой 16 и центрируется в корпусе керамической втулкой 14, закрепленной в корпусе гайкой 15.

Свечи маркируют группой букв и цифр, содержащих информацию о резьбе: буква *A* – резьба М 141×25, *M* – резьба М 18×1,5; цифра – калильное число (8, 11, 14, 17, 20, 23, 26); следующая буква обозначает длину резьбовой

части ( $H - 11$  мм,  $D - 19$  мм; длина 12 мм на свече не обозначается). Последняя буква обозначает, выступает ли конец изолятора за торец корпуса свечи (буква  $B$ ). Иногда последней буквой  $T$  обозначается герметизация центрального электрода термоцементом; если используется другой герметик, обозначение отсутствует. Например, маркировка  $M26DV$  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.

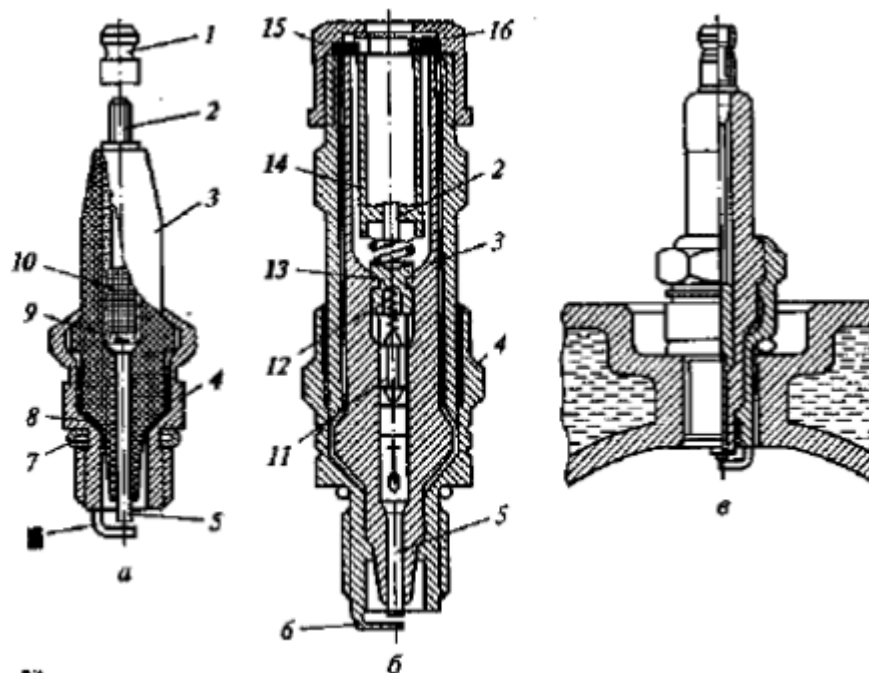


Рисунок 4.6 – Свечи зажигания: стандартная (а), экранированная (б) и установка свечи в головке блока цилиндров двигателя (в): 1 – колпачок; 2 – стержень; 3 – изолятор; 4 – корпус; 5 и 6 – центральный и боковой электроды; 7 – уплотнительная шайба; 8 – уплотнитель; 9 – токопроводящий стеклогерметик; 10 – накатка в нижней части стержня; 11 – резистор; 12 – пружина; 13 – проводник; 14 – керамическая втулка; 15 – гайка; 16 – резиновая втулка

Нормальная работа свечи обеспечивается при температуре теплового конуса не более  $850...900^{\circ}\text{C}$ . При температуре  $400...500^{\circ}\text{C}$  исчезает нагар – свеча самоочищается.

Температурный режим работы свечей примерно одинаков, а эксплуатационные температурные режимы двигателей различны. Поэтому свечи изготавливают 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.

## ТЕМА 5. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ

### 5.1 Управление карбюратором и впрыском топлива

Электронные системы автоматического управления широко применяют в управлении большинством механизмов и агрегатов автомобиля: двигателем, трансмиссией, подвеской, рулевым управлением, а также процессами торможения, предотвращения столкновений, развертывания 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. 5.1). 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.

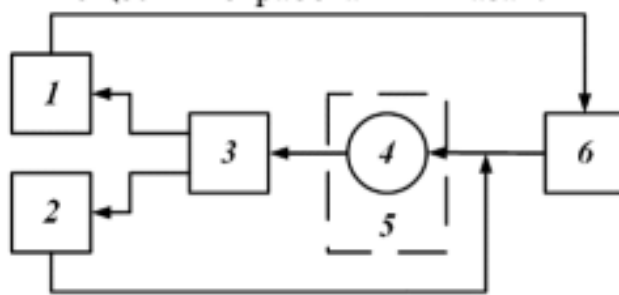


Рисунок 5.1 – Система автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода: 1 – датчик частоты вращения вала; 2 – датчик положения дросселя; 3 – двигатель, 4 – электромагнитный клапан; 5 – карбюратор; 6 – блок управления ЭПХХ

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), то есть  $n > n_{\text{хх}}$ . 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.

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 смесительная 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, то есть шириной прямоугольного импульса, принято называть *широотно-импульсной модуляцией* (ШИМ). Процесс формирования импульсов переменной длительности (ширины) и частоты относят к *частотно-широотно-импульсной модуляции* (ЧШИМ).

В систему электронного управления впрыском топлива входят (рис. 5.2) 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  $t_{жс}$ , атмосферного воздуха  $t_v$  и атмосферного давления  $P_{атм}$  проводится дополнительная корректировка временного интервала открытого состояния форсунок.

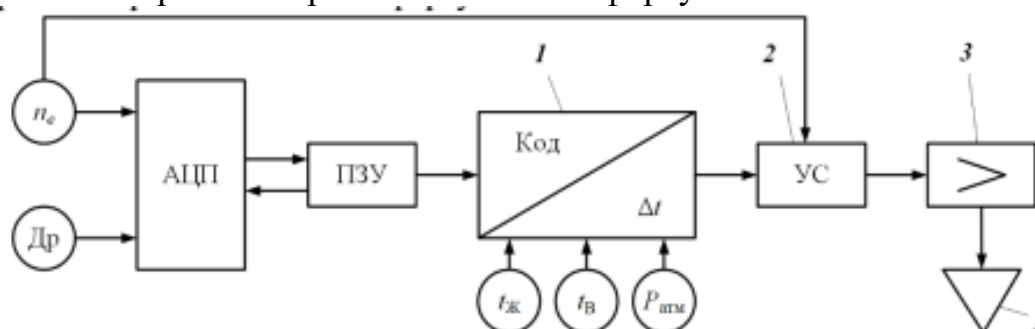


Рисунок 5.2 – Система электронного впрыска топлива: 1 – преобразователь кода; 2 – устройство синхронизации; 3 – усилитель мощности; 4 – форсунки;  $n_e$ ,  $t_{жс}$ ,  $t_v$  и  $P_{атм}$  – датчики соответственно частоты вращения коленчатого вала двигателя, угла открытия дроссельной заслонки карбюратора, 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 дозирования 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*, то есть 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.

## **5.2 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, то есть 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. 5.3), 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.

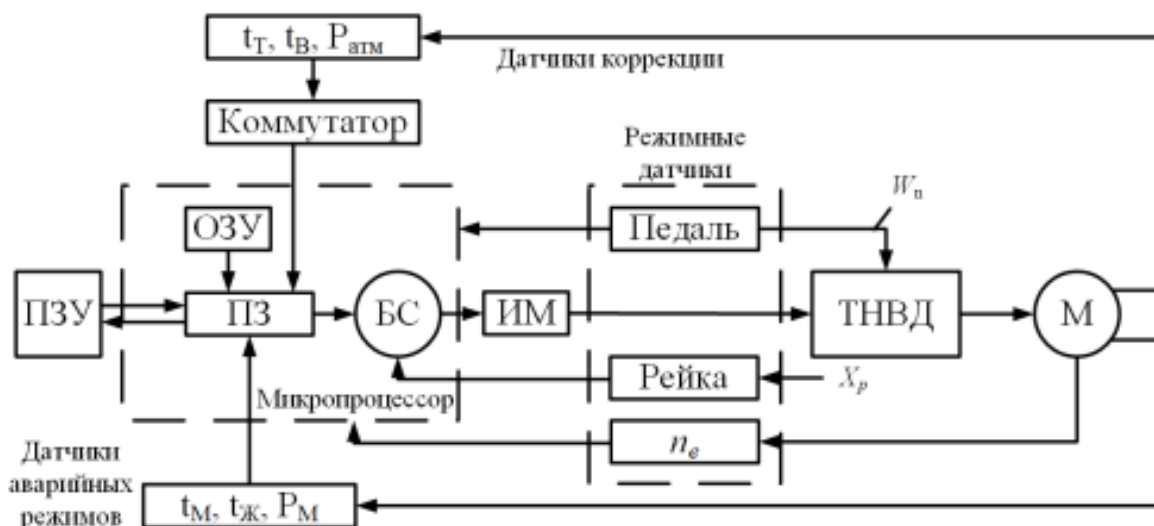


Рисунок 5.3 – Микропроцессорная система управления дизелем: ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ПЗ – программный задатчик, БС – блок сравнения; ИМ – исполнительный механизм; ТНВД – топливный насос высокого давления; М – дизель;  $W_n$  – датчик положения 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;  $t_{ж}$ ,  $t_m$  и  $t_v$  – температура соответственно охлаждающей жидкости, топлива и воздуха;  $P_{атм}$  – атмосферное давление

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

Изменение реального текущего положения рейки осуществляется датчиком  $X_p$ . 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  $n_e$  и  $P_{амм}$ . Оптимальный угол опережения впрыска выбирается (индивидуально для каждого типа двигателя) по регулировочной характеристике, заложенной в память ПЗУ.

Микропроцессор получает исходную информацию от датчиков положения педали топливоподачи, частоты вращения коленчатого вала двигателя, текущего положения рейки топливного насоса, механически связанного с ГНВД. Установка требуемой 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  $W_n$ . Корректировка расчетного значения положения рейки выполняется с учетом данных о температуре двигателя, температуре воздуха, поступающего на вход двигателя, и об атмосферном давлении.

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. 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  $105^{\circ}\text{C}$  снижается частота вращения коленчатого вала и водитель оповещается звуковым и световым сигналами. При падении давления масла в системе смазывания двигатель останавливается.

### **5.3 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 топливоподачи на рабочем месте водителя применяют аналоговые (реостатные) (рис. 5.4, а) или потенциометрические (рис. 5.4, б), реже индуктивные), а также дискретного действия (рис. 5.4, в). Внутри корпуса 2 (рис. 5.4, 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. 5.4, 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.

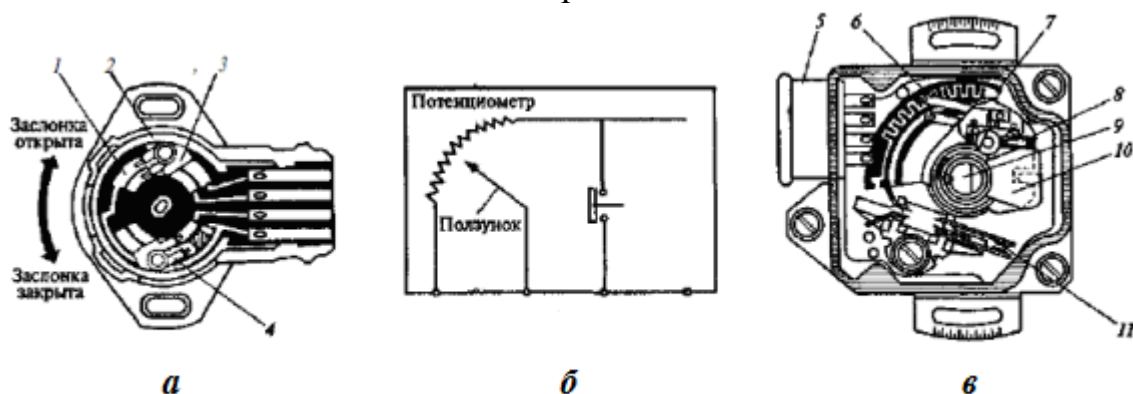


Рисунок 5.4 – Датчики угла поворота дроссельной заслонки: а – реостатный; б – потенциометрический; в – дискретный; 1 – резистивный элемент; 2 – корпус; 3, 4 и 6 – ползунки; 5 – кабельный разъем; 7 – контактная пластина; 8 и 11 – контактные группы; 9 – привод; 10 – кулачок

*Датчики для измерения температурного режима* двигателя и передачи информации в электронные блоки управления используют в основном аналогового типа. Датчик (рис. 5.5) представляет собой кристалл терморезистора 1, монтируемый в корпусе 4 изолированно от него с помощью диэлектрической втулки 5. Терморезистор прижат к дну 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.

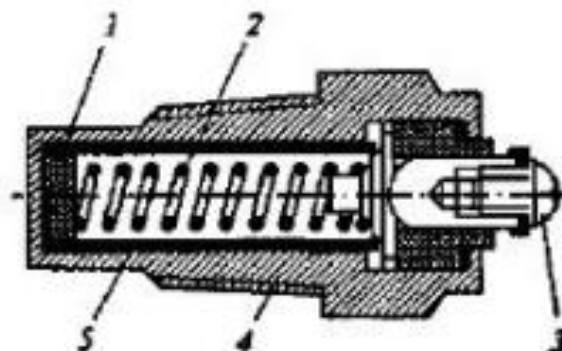


Рисунок 5.5 – Датчик температуры двигателя с терморезисторным чувствительным элементом: 1 – терморезистор; 2 – пружина; 3 – вывод; 4 – корпус; 5 – втулка

*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. 5.6, а). Под действием давления пропорционально изменяется сопротивление резисторов, а, следовательно, и сила тока, проходящего через них.

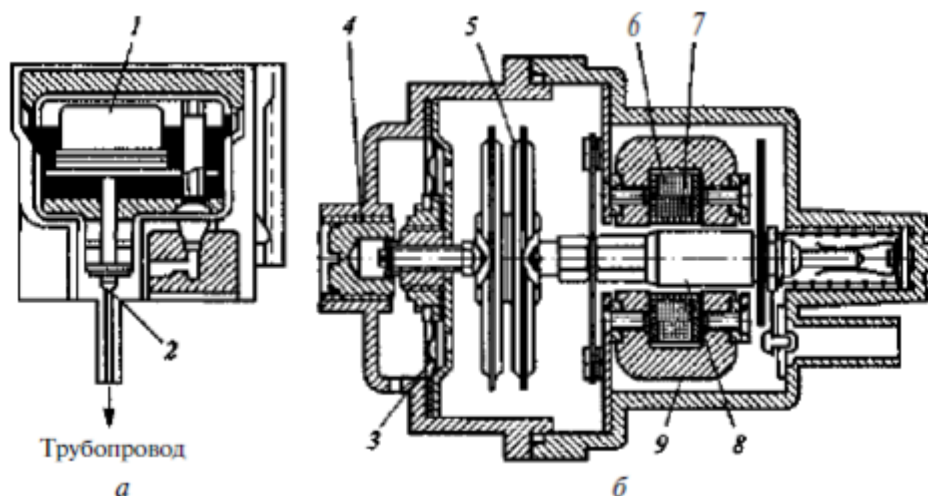


Рисунок 5.6 – Датчики давления: а – полупроводниковый; б – индуктивный; 1 – полупроводниковый тензорезистор; 2 – фильтр; 3 – мембрана камеры

компенсации изменения атмосферного давления; 4 – пробка; 5 – anerоидная 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. 5.6, 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. 5.7, 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. 5.7, 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.

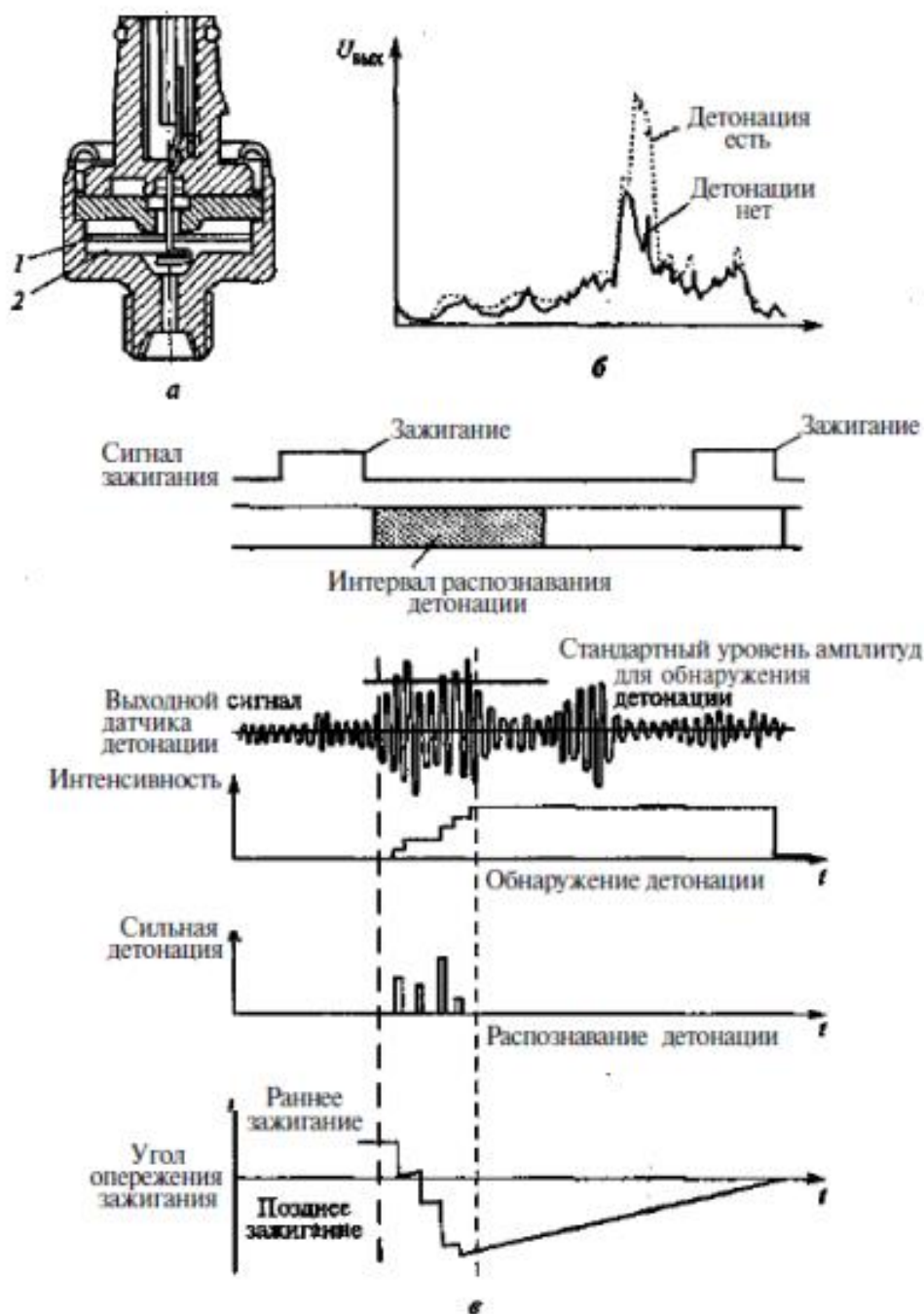


Рисунок 5.7 – Датчик детонации: *a* – конструкция; *б* – характеристика датчика детонации при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя;



$v$  – графики обработки сигнала датчика при компьютерном распознавании возникновения детонации; 1 – пьезоэлемент; 2 – мембрана;  $U_{вых}$  – 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. 5.8). Платиновая нить 5 термоанемометра установлена в корпусе формирователя 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.

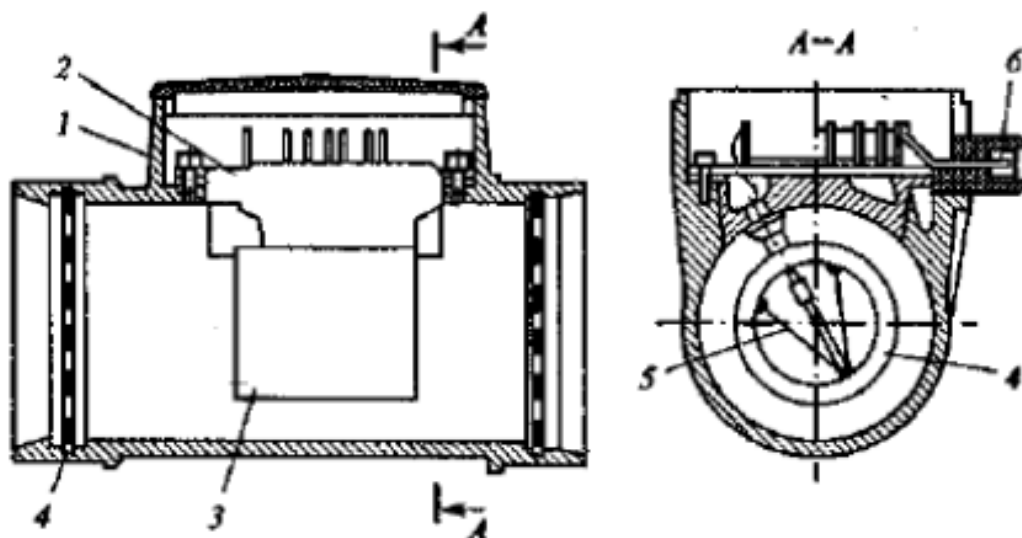


Рисунок 5.8 – Датчик расхода воздуха на базе термоанемометра: 1 – корпус; 2 – электронный модуль; 3 – формирователь воздушного потока; 4 – сетка; 5 – платиновая нить; 6 – штекерный разъем

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. 5.9).

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).

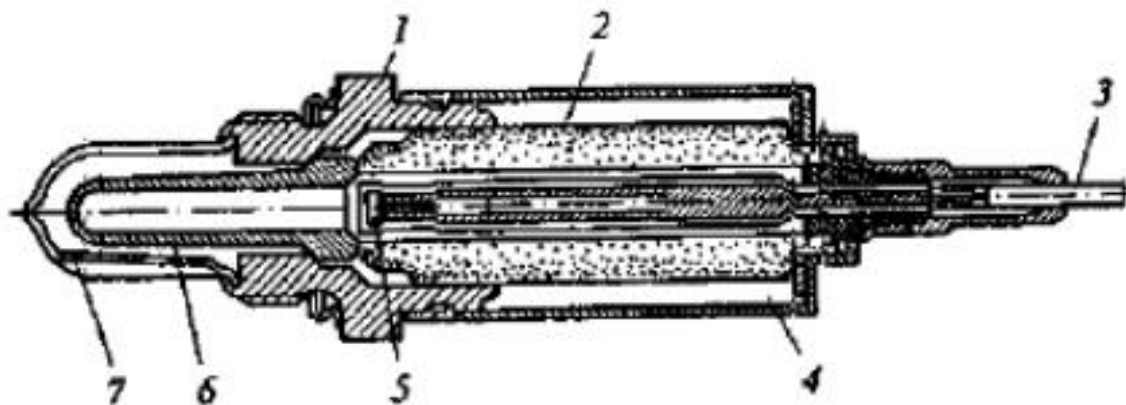


Рисунок 5.9 – Датчик кислорода: 1 и 2 – соответственно металлический и керамический корпуса; 3 – выходной кабель; 4 – внешний кожух; 5 – контактный наконечник; 6 – активный элемент (колпачок); 7 – защитный кожух с прорезями

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  $350^{\circ}\text{C}$ . Поскольку рабочая температура циркониевых датчиков высока, то в режиме прогрева двигателя они информации не выдают.

## ТЕМА 6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

### 6.1 Электронные противоугонные системы автомобиля

Электронные противоугонные системы являются стандартным оборудованием на большинстве новых автомобилей и могут устанавливаться на выпущенные ранее. Промышленность производит много различных противоугонных систем, их цена, как правило, связана с предлагаемым уровнем защиты. Противоугонные системы должны быть эффективными, надежными, иметь длительный срок службы, устойчивыми к внешним воздействиям, например к радиопомехам. Установка такой системы не должна ухудшать безопасность автомобиля.

Противоугонные системы реализуют защиту автомобиля условно на трех уровнях:

– *по периметру* – система периметрической защиты использует микровыключатели для контроля за открывающимися панелями автомобиля (двери, капот, багажник). При попытке несанкционированного открытия панели включаются звуковой и световой сигналы. Иногда система дополняется датчиками, способными обнаруживать движения тела;

– *по объему* – система с помощью инфракрасных, ультразвуковых или микроволновых датчиков обнаруживает несанкционированное движение в салоне автомобиля. Ультразвуковые датчики используют эффект Доплера, когда любое движение в салоне изменяет частоту сигнала ультразвукового излучателя (40 кГц), принимаемого приемником. Микроволновая радиосистема работает на том же принципе, но радиосигнал излучается на частоте 10 ГГц. Микроволновые датчики реже ложно реагируют на движение воздуха и часто устанавливаются в кабриолетах. Инфракрасные датчики представляют собой сборку «приемник-излучатель» и монтируются на потолке салона. Они создают невидимую инфракрасную завесу до пола салона. Приемник постоянно контролирует отраженный сигнал и при его изменении (кто-то появился в салоне) включается сигнал тревоги;

– *иммобилизация двигателя* – осуществляется специальным ЭБУ, запрещающим запуск двигателя при получении сигнала тревоги. Это может быть выполнено двумя способами:

а) аппаратной иммобилизацией, при которой некоторые электрические цепи системы пуска двигателя разрываются специальными реле или полупроводниковыми переключателями. Эффективность аппаратных систем иммобилизации сильно зависит от скрытности размещения разрывающих реле и немаркированных проводов в жгуте. Скрытность нужна для того, чтобы нельзя было шунтировать создаваемые этими устройствами разрывы в цепи;

б) программной иммобилизацией, когда по команде противоугонной системы ЭБУ двигателя запрещает его запуск, например делает недоступными калибровочные диаграммы подачи топлива и зажигания. После этого двигатель хотя и будет проворачиваться стартером, но не запустится. Такие системы

очень эффективны, нужно только исключить возможность запуска двигателя путем замены ЭБУ двигателя на другой работоспособный блок.

Состав противоугонных устройств, входящих в стандартную комплектацию, зависит от модели автомобиля. Во всех случаях автомобиль комплектуется средствами периметрической защиты, многие противоугонные системы имеют иммобилизатор и защиту по объему. Обычно противоугонная система включается и выключается ключом замка двери или с дистанционного пульта, управляющего также и центральным замком. Припарковав автомобиль, водитель запирает двери и включает противоугонное устройство нажатием кнопки на дистанционном пульте управления (брелке). Светодиодный индикатор включения противоугонной системы начинает вспыхивать: сначала часто, информируя водителя о включении системы, затем редко, отпугивая потенциальных угонщиков.

При попытке несанкционированного проникновения в автомобиль противоугонная система включает звуковой сигнал, периодически зажигает и гасит фары, иммобилизатор блокирует работу двигателя. Примерно через 30 с звуковые и световые сигналы прекращаются, чтобы не разрядить чрезмерно аккумулятор, но иммобилизатор остается включенным до тех пор, пока владелец автомобиля не выключит его дверным ключом или с дистанционного пульта управления.

Существуют спутниковые охранно-поисковые системы, состоящие из двух основных частей: мобильного устройства (бортовой модуль), скрытно установленного в автомобиле, и круглосуточного диспетчерского центра. Диспетчерский центр обрабатывает информацию, полученную от бортового модуля с последующим отображением ее на электронной карте.

Бортовой модуль представляет собой небольшой герметичный необслуживаемый блок, скрытно устанавливаемый на контролируемый автомобиль и подключаемый к его бортовой сети и GPS/GSM антеннам. Бортовой модуль потребляет очень мало электроэнергии, его можно эксплуатировать практически неограниченное время даже при выключенном двигателе. Бортовой модуль получает сигналы от спутников, обрабатывает их и автоматически или по запросу передает в диспетчерский центр необходимую информацию, которая регистрируется в базе данных.

Диспетчерский центр – это рабочее место диспетчера, оснащенное персональным компьютером, специальным программным обеспечением и приемником сообщений от бортовых модулей. Диспетчерский центр позволяет обрабатывать сообщения от большого количества автомобилей, содержит базу данных маршрутов следования, позволяет определить местоположение автомобиля на электронной географической карте.

Разработана автосигнализация с обратной связью, когда сигнал тревоги передается прямо на брелок владельца автомобиля. Противоугонная система автомобиля с автозапуском обеспечивает запуск и прогрев двигателя в холодное время в автоматическом режиме. Система дистанционного управления позволяет управлять противоугонным устройством и центральным замком с некоторого расстояния. Она состоит из портативного передатчика,

носимого водителем, и приемника, подключенного к ЭБУ противоугонного устройства и центральному замку. Передатчик размещается в брелке или самом ключе. Для миниатюризации применяются многослойные печатные платы и бескорпусные микросхемы. Питание осуществляется от миниатюрных литиевых батареек (как для наручных часов).

На рис. 6.1 и 6.2 схематично изображены алгоритмы работы передатчика и приемника при использовании динамического кода Keeloq. При нажатии кнопки брелка (передатчика) его микросхема переходит из режима ожидания в рабочий режим. Запускается 16-разрядный синхронизирующий счетчик, генератор динамического кода вырабатывает по определенному алгоритму динамический код (28...32 бит) в зависимости от значения секретного ключа (статический код) и состояния синхронизирующего счетчика. Динамический код, заводской номер брелка и код нажатой клавиши образуют управляющее слово длиной 60...70 бит, которое передается приемнику по радиоканалу или иным способом. Если брелок зарегистрирован в данном приемнике, то есть его идентификационный номер, секретный код, состояние синхронизирующего счетчика помещены в постоянное программируемое запоминающее устройство (EEPROM) приемника, принятая информация идентифицируется по номеру брелка и обрабатывается. Синхронизирующий счетчик приемника запускается и в генераторе приемника вырабатывается динамический код. Если динамические коды приемника и передатчика совпадают, производится выполнение переданной команды.



Рисунок 6.1 – Алгоритм работы передатчика (брелок)

Заводской номер передатчика и секретный ключ – статические коды. Генератор динамического кода, тактируемый от 16-разрядного синхронизирующего счетчика, вырабатывает 65 535 различных значений кода, меняющихся в каждой посылке, повторяющихся циклически. Если пользоваться брелком по 50 раз в день, повторение кода произойдет через 1 310 суток.

Системы дистанционного управления на основе динамического кода являются криптографическими. Защита автомобиля от вскрытия зависит от кодовой длины секретного ключа, т.е. от числа его возможных состояний.

В современных противоугонных системах часто применяются специализированные микросхемы фирмы Microchip, реализующие алгоритм генерации псевдослучайной последовательности (динамического кода) Keeloq с длиной ключа 64 бита.

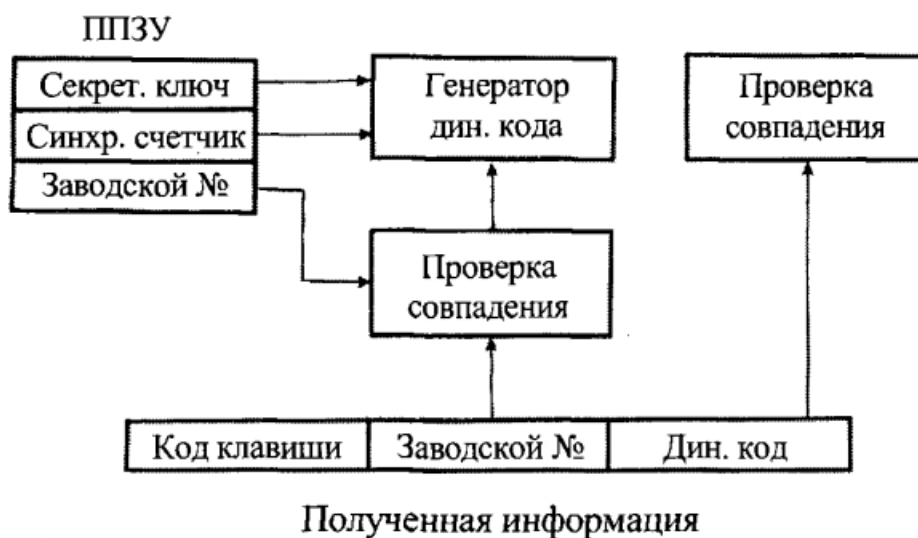


Рисунок 6.2 – Алгоритм работы приемника

Код Keeloq представляет собой двоичную псевдослучайную последовательность с периодом  $2^{64}-1$  бит. Для идентификации передатчика используются блоки длиной 32 бита. Уникальный для каждого передатчика 64-битовый ключ – это начальное состояние сдвигающего регистра генератора псевдослучайной последовательности.

## 6.2 Системы бортовой самодиагностики автомобиля

Система OBD-II предназначена для контроля за исправностью систем и компонентов автомобиля, влияющих на качество эмиссии (выхлопа): топливной системы; системы зажигания; системы рециркуляции отработавших газов; системы улавливания паров бензина; датчиков кислорода; нагревателей датчиков кислорода; катализаторов; нагревателей катализаторов; системы вторичного воздухозабора. Состояние системы поддержания требуемого состава смеси и пропуски сгорания смеси контролируются постоянно, другие системы и компоненты автомобиля тестируются 1 раз за поездку автомобиля (Drive Cycle). В случае определения неисправности система самодиагностики OBD-II сохраняет код ошибки в памяти ЭБУ и зажигает индикатор ошибок (MIL – Malfunction Indicator Lamp, Check Engine или просто Check). При помощи программы OBD-II можно считать ошибки и найти причину неисправности. Кроме считывания кодов ошибок программа позволяет: стирать ошибки; просматривать зафиксированные параметры (freeze frame data); контролировать состояние топливной системы (открыта/закрыта); контролировать работу датчиков кислорода; просматривать параметры работы

системы в режиме реального времени (data stream); просматривать результаты тестов самодиагностики; считывать идентификационные данные ЭБУ.

Общим признаком того, что автомобиль поддерживает OBD-II диагностику, является наличие 16-контактного диагностического разъема (DLC – Diagnostic Link Connector) трапециевидной формы. На подавляющем большинстве автомобилей он находится под приборной панелью со стороны водителя; разъем может быть как открыт, так и закрыт легко снимаемой крышкой с надписями «OBD-II», «Diagnose» и т.п.

Для оценки применимости того или иного сканера для диагностики конкретного автомобиля необходимо определить тип OBD-II протокола, используемого на данном автомобиле (если OBD-II вообще поддерживается). Для этого нужно осмотреть диагностический разъем и определить наличие выводов в нем (как правило, присутствует только часть задействованных выводов, а каждый протокол использует свои выводы разъема).

Световой индикатор наличия неисправности Check Engine, расположенный на приборном щитке (на некоторых моделях специальные светодиоды, расположенные непосредственно на устройствах управления), загорается при включении зажигания и гаснет через некоторое время после запуска двигателя. Если при самодиагностике обнаружатся неисправности компонентов, подлежащих диагностике, то индикатор не погаснет. В случае возникновения некоторых неисправностей во время движения индикатор также загорится, причем при однократной незначительной неисправности он может погаснуть (сохранив ошибку в памяти для последующего считывания), но если индикатор продолжает гореть, то не удастся избежать немедленной остановки, более глубокой диагностики и ремонта. Сохраненные в памяти коды ошибок считываются специальным прибором (сканером) или вручную при помощи определенной процедуры, которая вводит ЭБУ в режим индикации кодов самодиагностики. После их изучения и анализа дополнительных данных оператором принимается решение о последующих мероприятиях.

В настоящее время доступно большое количество различных сканеров с невысокой стоимостью, что предоставляет владельцу автомобиля обнаружить и устранить неисправности собственными силами. Сканеры – это действительно мощный инструмент, позволяющий с применением соответствующего программного обеспечения быстро и устойчиво установить связь с бортовым устройством и автоматически получить информацию. Возможно также, при подключении к диагностическому разъему, получать данные во время движения автомобиля. Подключение к ноутбуку (через адаптер) позволяет использовать дополнительную память, получать и обрабатывать информацию с использованием различных графических приложений.

### **6.3 Климат-контроль и круиз-контроль**

*Система климат-контроля* обеспечивает полностью автоматическое и эффективное управление климатом в салоне автомобиля. Основным ее элементом на автомобиле является блок отопителя кондиционера. Именно в нем

холодный воздух превращается в теплый и наоборот, а в конструкции и принципах управления этим блоком заключены основные различия между климатическими установками разного типа. Пользователь системы климатконтроля избавлен от необходимости двигать рычаги заслонок – ему нужно лишь задать желаемую температуру. Микропроцессорное устройство, ориентируясь на информацию, приходящую от различных датчиков (температурных, а в некоторых системах и датчиков уровня солнечной радиации), автоматически выбирает, устанавливает и поддерживает нужные режимы независимо от внешней температуры и погодных условий.

Автоматические системы контроля климата либо входят в штатную комплектацию современных автомобилей, либо устанавливаются опционно, за отдельную плату.

*Круиз-контроль* – это система управления скоростью автомобиля. Она получает сигнал от положения педали управления подачей топлива и поддерживает заданную водителем скорость вне зависимости от погодных и дорожных условий. Система имеет обратную связь, при помощи которой производится сравнение заданной и действительной скоростей движения. Когда блок сравнения обнаруживает различие между ними, он формирует сигнал для открытия или закрытия дроссельной заслонки. Нестабильность скорости движения автомобиля уменьшается за счет включения специального блока задержки сигналов.

Установленный на педали тормоза выключатель гарантирует мгновенное отключение системы. На некоторых моделях выключатель установлен и на педали сцепления во избежание перегазовки двигателя при переключении передач.

Адаптивный круиз-контроль (ACC – Adaptive Cruise Control) – усовершенствованная система круиз-контроля, которая может автоматически поддерживать не только скорость, но и безопасную дистанцию до впереди идущего автомобиля. С помощью встроенных в переднюю часть машины радаров, система измеряет расстояние до находящегося впереди автомобиля и в случае сокращения дистанции сбавляет скорость, а при необходимости слегка притормаживает машину. Как только расстояние увеличивается, автомобиль опять набирает заданную скорость. Если расстояние до препятствия сокращается очень быстро, система звуковым сигналом сообщает водителю о необходимости принудительного торможения.

Радиолокационный контроль дороги основан на эффекте Доплера. Приемопередатчик, встроенный в переднюю часть автомобиля, непрерывно испускает радиоволны. При отражении эти волны возвращаются и улавливаются приемным устройством. По изменению частоты сигнала определяются расстояние до препятствия и относительная скорость движения автомобиля.

#### **6.4 Бортовой компьютер**

В последние годы в связи со значительным снижением стоимости микропроцессоров компьютерная техника все шире внедряется в



автомобилестроение, и бортовой компьютер становится обычным оборудованием автомобиля.

Типичный бортовой компьютер может давать следующую информацию:

- дату и время;
- мгновенный расход топлива;
- средний расход топлива;
- стоимость топлива на километр (или милю) пробега;
- ожидаемое время прибытия в пункт назначения;
- ожидаемый пробег на оставшемся топливе;
- количество израсходованного топлива;
- температура наружного воздуха;
- пройденный путь.

Для расчета компьютером некоторых параметров водитель должен перед выездом ввести в него исходные данные, после чего компьютер сможет давать указанную выше информацию при нажатии соответствующей кнопки на пульте управления. Для отображения информации все чаще применяются цветные жидкокристаллические дисплеи.

## ТЕМА 7. АВТОМОБИЛЬНЫЕ МУЛЬТИПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

### 7.1 Понятие об автомобильных мультиплексных системах

За последние 20 лет значительно возросла сложность автомобильной электропроводки. В современном автомобиле может быть более 1200 отдельных проводов. Большое число проводов и соединений ухудшает надежность. По стоимости автомобильный жгут проводов занимает четвертое место после кузова, двигателя и трансмиссии. Кроме того, датчики и исполнительные механизмы, подключенные к данной шине через специальные согласующие устройства, становятся доступными для всех ЭБУ. Это решение представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС) на борту автомобиля.

Уменьшение количества проводов в электропроводке автомобиля – одна из причин разработки мультиплексных систем. Другая причина – необходимость объединения в ЛВС контроллеров различных ЭБУ для эффективной работы и диагностики. Мультиплексные системы значительно отличаются от обычных:

- в обычных системах электропроводки информация и питание передаются по одним и тем же проводам. В мультиплексных системах сигналы и электропитание разделены;

- в мультиплексных системах управляющие ключи непосредственно не включают и не выключают электропитание нагрузок;

- в некоторых случаях электронная схема узла должна постоянно считывать состояние управляющего ключа, даже когда большая часть электрооборудования обесточена. Например, положение ключа центрального замка дверей должно определяться и при парковке, когда многие системы выключены из соображений энергосбережения. Автомобильные системы, независимо от их класса, могут выполняться (и выполняются) по одной из трех топологических схем (способов объединения устройств) сетей: «звезда», «кольцо» и «шина» (рис. 7.1).

В схеме «звезда» есть центральный узел, связанный с каждым устройством системы отдельным каналом связи, т.е. для связи двух или более таких устройств необходимо, чтобы информация прошла через «центр». Плюс у схемы один – простота протоколов обмена информацией, недостатков, к сожалению, гораздо больше, и они явно перекрывают этот плюс. В их числе: большое время задержки и значительное число проводов; ограниченное число коммутируемых устройств; низкая надежность из-за наличия центрального узла. Схема используется редко.

В схеме «кольцо» все устройства равноправны, так как последовательно объединены в кольцо. Значит, передаваемые сигналы должны проходить по нескольким звеньям, этим обусловлены и недостатки схемы: потеря работоспособности при разрыве цепи или выходе из строя одного устройства; большая задержка и ее увеличение при добавлении нового звена.

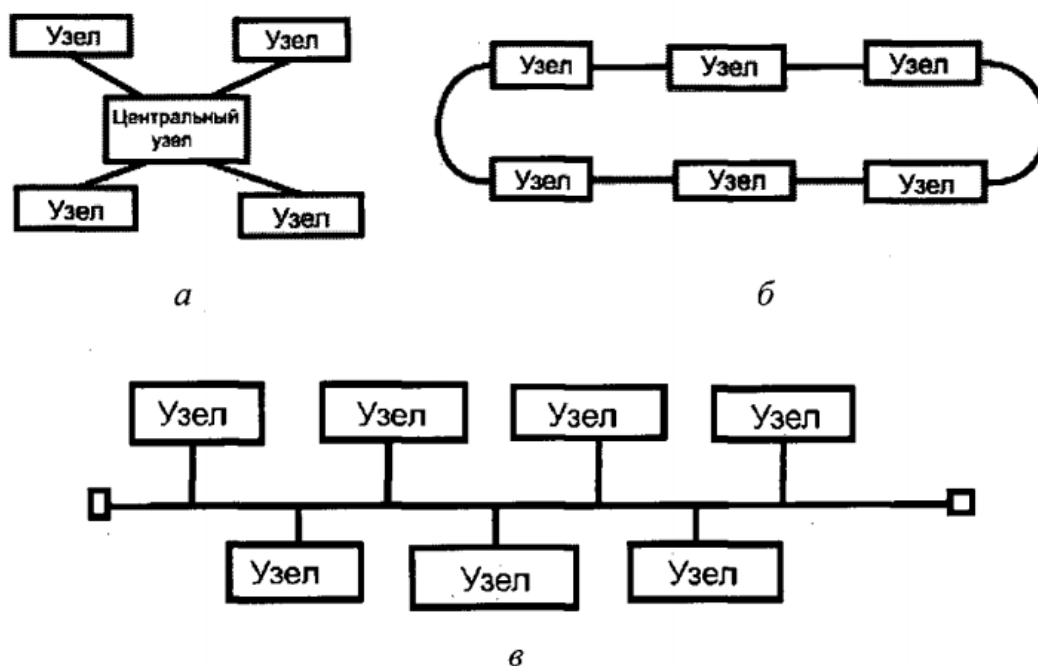


Рисунок 7.1 – Топологические схемы автомобильных мультиплексных систем:  
*а* – звезда; *б* – кольцо; *в* – шина

Схема «шина» позволяет устройствам функционировать в общей среде передачи данных, используя широковещательную передачу; не требует доработок при подключении дополнительных устройств; в ней возможна реализация любого типа доступа к среде передачи данных, а время их передачи невелико. Самая важная задача протокола здесь - решение вопросов доступа в среду передачи данных.

Очевидно, что для автомобиля предпочтительнее именно эта схема: она экономит провода, обеспечивает высокую надежность системы управления. Схема «шина» реализует доступ трех типов: основной узел по определенным правилам опрашивает дочерние узлы; получив от синхронизирующего пакета сигнал, отправляет данные тому дочернему узлу, который соответствует полученному от пакета сигналу; получив сигнал от дочернего узла, открывает последнему доступ в сеть.

Первые два типа доступа называются централизованными, третий – децентрализованным. Он особенно эффективен, так как не тратит время на «холостые» опросы, т.е. обеспечивает мгновенное реагирование на высокоприоритетное сообщение. Протокол CAN был разработан инженерами фирмы R. Bosch GmbH для применения на автомобилях. Протокол соответствует международным стандартам ISO 11898 и ISO 11519 и используется несколькими производителями электронного оборудования.

Протокол CAN признан автомобильными производителями США и Европы, применяется на современных легковых автомобилях, грузовиках, автобусах, сельскохозяйственном транспорте, в морском оборудовании, для автоматизации производства. Протокол CAN поддерживает метод доступа CSMA/CD-A к сети с равноправными узлами. Пакет данных имеет размер не

более 8 байт и передается по последовательной шине, 15-битовый циклический контроль избыточности обеспечивает высокий уровень целостности данных.

Контроллеры CAN классифицируются также на полные и базовые в зависимости от организации буферизации данных. Полный CAN-контроллер имеет некоторое количество (обычно 14) специализированных буферов для временного хранения сообщений. При инициализации CAN-контроллера можно сконфигурировать его, указав, какой кадр будет поступать в какой буфер. Большинство европейских автомобилестроительных фирм в системах управления двигателем, безопасности и обеспечения комфорта применяют сетевой протокол CAN. Причем в ближайшие годы, как ожидается, на базе данного протокола будет введен единый интерфейс и для систем компьютерной диагностики. Таким образом, на каждом западноевропейском автомобиле в скором времени будет по крайней мере один узел данной сети. И это вполне объяснимо. Протокол CAN обладает важнейшим достоинством: идентификаторы сообщений используются не только для алгоритма разрешений коллизий, но и для описания сообщений, когда применяется не прямая адресация данных, а лишь отмечается характер информации, представленной в сообщении (например, «давление масла»). Поэтому большинство автомобилестроителей выбрали этот протокол для построения сетей именно класса С.

Физически CAN представляет собой последовательную асинхронную шину, данные которой передаются или по витой паре, или по оптоволокну, или по радиоканалу. Шина - мультимастерская, т.е. управлять ею могут сразу несколько устройств. Теоретически число подсоединяемых к ней устройств не ограничено. Скорость передачи данных задается программно (не более 1 Мбит/с).

## **7.2 Локальные вычислительные сети (ЛВС)**

Для определения задач, поставленных перед сложной технической системой, а также для выделения главных характеристик и параметров, которые она должна иметь, создаются общие модели таких систем. Общая модель вычислительной сети определяет характеристики сети в целом и характеристики и функции входящих в ее основных компонентов. Разнообразие вариантов вычислительных сетей и сетевых программных продуктов поставило проблему объединения сетей различных архитектур. для ее решения была разработана эталонная модель архитектуры открытых систем (рис. 7.2).

*Открытая система* – это система, которая взаимодействует с другими системами в отношении с принятыми стандартами.

7-й уровень (прикладной) – обеспечивает поддержку прикладных процессов конечных пользователей. Этот уровень определяет круг прикладных задач, реализуемых в данной вычислительной сети.

6-й уровень (представительский) – определяет синтаксис данных в модели. он гарантирует предоставление информации в кодах и форматах, принятых в данной системе. В некоторых системах этот уровень может быть объединен с прикладным.

Уровень	
7	<b>Прикладной</b>
6	<b>Представительский</b>
5	<b>Сеансовый</b>
4	<b>Транспортный</b>
3	<b>Сетевой</b>
2	<b>Канальный</b>
1	<b>Физический</b>

Рисунок 7.2 - Эталонная модель архитектуры открытых систем

5-й уровень (сеансовый) – реализует установку и поддержку сеанса связи между двумя абонентами через коммуникационную сеть. Он позволяет производить обмен информации в режиме, который определен приложением, дает возможность выбора режима обмена. Сеансовый уровень поддерживает и завершает сеанс связи. Три верхних уровня объединяются под общим названием - процесс или прикладной процесс. Эти уровни определяют функциональные особенности вычислительной сети как прикладной системы.

4-й уровень (транспортный) – обеспечивает интерфейс между процессами и сетью. Он устанавливает логические каналы между процессами и обеспечивает передачу по этим каналам информационных пакетов, которыми обмениваются процессы. Пакет – группа байтов, переданных абонентами сети друг другу. Логические каналы, устанавливаемые транспортным уровнем, называются транспортными каналами.

3-й уровень (сетевой) – определяет интерфейс оконечного оборудования пользователя с сетью коммутации пакетов. Он также отвечает за маршрутизацию пакетов в коммуникационной сети и за связь между сетями – реализует межсетевое взаимодействие.

2-й уровень (канальный) – реализует процесс передачи по информационному каналу. Информационный канал – логический канал, он устанавливается между двумя ЭВМ, соединенными физическим каналом. Канальный уровень обеспечивает управление потоком данных и кадров, в которых упаковываются информационные пакеты, обнаруживает ошибки передачи и реализует алгоритм восстановления информации в случае обнаружения сбоев или потерь данных. Кадр имеет структуру: Информация об источнике данных, информацию о приемнике, тип кадра, данные, контрольная информация.

1-й уровень (физический) – выполняет все необходимые процедуры в канале связи. Его основная задача – управление аппаратурой передачи и подключенным к ней каналом связи. При передаче информации от прикладного процесса в сеть происходит ее обработка уровнями модели ВВС. Смысл этой обработки в том, что каждый уровень добавляет к информации процесса свой

заголовок - служебную информацию, необходимую для адресации сообщений и для некоторых контрольных функций. Канальный уровень кроме заголовка добавляет еще и концевик – контрольную последовательность, которую используют для проверки правильности приема сообщения с коммуникационной сети.

### 7.3 Физическая передающая среда в ЛВС

Физическая среда обеспечивает перенос информации между абонентами вычислительной сети. Физическая передающая среда в ЛВС может быть представлена такими типами кабелей: одиночный провод, витая пара проводов, коаксиальный кабель, оптоволоконный кабель. *Однопроводные соединения* используются в автомобильных мультиплексных системах со скоростью передачи ниже 10 Кбит/с, имеют низкую помехозащищенность.

*Витая пара* из двух изолированных проводов, свитых между собой (рис. 7.3) получается скручиванием проводов, что уменьшает влияние внешних электромагнитных полей на передаваемые сигналы. Самый простой вариант витой пары – телефонный кабель. Винтовые пары имеют различные характеристики, обусловленные размерами, изоляцией и шагом скручивания. Невысокая стоимость этого вида передающей среды делает его достаточно популярным для ЛВС. Основная проблема витой пары – плохая помехозащищенность и низкая скорость передачи – не более 1 Мбит/с.



Рисунок 7.3 – Витая пара

Технологические усовершенствования позволяют повысить скорость передачи и помехозащищенность (экранированная витая пара), но при этом возрастает стоимость этой передающей среды. В автомобильных сетях витые пары работают при скоростях обмена не выше 500 Кбит/с. Проблемы с электромагнитной совместимостью возникают уже при скорости обмена выше 100 Кбит/с. Однопроводные кабели и витые пары удобно подключать к узлам сети.

*Коаксиальный кабель* (рис. 7.4) в сравнении с витой парой обладает более высокой механической прочностью, помехозащищенностью и обеспечивает скорость передачи до 50 Мбит/с.

Для промышленного использования выпускаются два типа коаксиальных кабелей: толстый и тонкий. Толстый кабель более крепкий и передает сигналы нужной амплитуды на большее расстояние, чем тонкий. В то же время тонкий кабель гораздо дешевле.

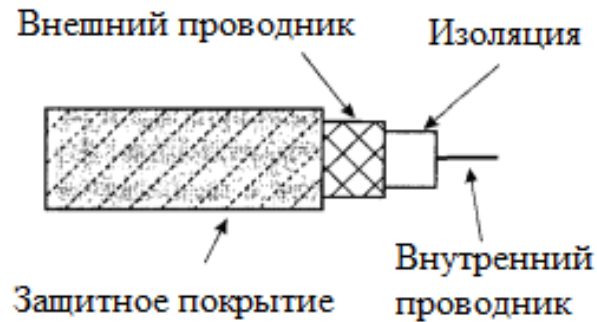


Рисунок 7.4 – Коаксиальный кабель

Коаксиальный кабель, как и витая пара, один из популярных типов передающей среды для ЛВС. На автомобилях экранированные витые пары или коаксиальные кабели работают при скоростях обмена данными не более 10 Мбит/с, имеют хорошую электромагнитную совместимость, но подключать к узлам их неудобно, нужны специальные Т-образные ответвители.

*Оптоволоконный кабель* – идеальная передающая среда (рис. 7.5), он подвергается воздействию электромагнитных полей и сам практически не имеет излучения. Последнее свойство позволяет использовать их в сетях, требующих скрытия секретной информации. Скорость передачи по оптоволоконному кабелю более 50 Мбит/с. По сравнению с предыдущими типами передающей среды он имеет более высокую стоимость и менее технологичен в эксплуатации.

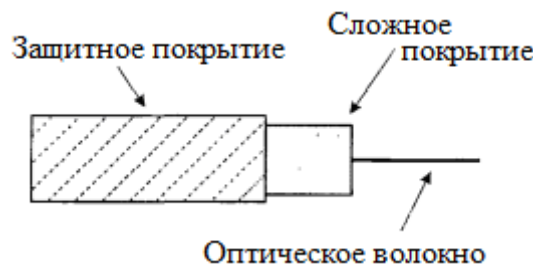


Рисунок 7.5 – Оптоволоконный кабель

#### 7.4 Основные топологии ЛВС

Вычислительные машины (контроллеры для автомобиля), входящие в состав ЛВС, могут быть расположены случайно на объекте, где создается вычислительная сеть. Следует отметить, что для способа обращения к передающей среде и методов управления сетью неважно, как расположены абонентские ЭВМ. Поэтому есть смысл говорить о топологии ЛВС. Топология ЛВС – это формализованная геометрическая схема соединений узлов сети. Топологии вычислительных сетей могут быть очень разными, но для локальных вычислительных сетей типичны только три: кольцевая, шинная, звездообразная. Иногда для упрощения используют термины – кольцо, шина и звездообразная. Не надо думать, что рассматриваемые типы топологий представляют собой идеальное кольцо, идеальную прямую или звезду. Любую компьютерную сеть можно рассматривать совокупность узлов.

Узел – любое устройство, непосредственно вовлеченное в передающую среду сети. Топология формализует схему соединений узлов сети. Так эллипс, и замкнутая кривая, и замкнутая ломаная линия относятся к кольцевой топологии, а незамкнутая ломаная линия – к шинной.

Кольцевая топология предусматривает соединение узлов сети в замкнутый контур кабелем передающей среды (рис. 7.6), где выход одного узла сети соединяется со входом другого.

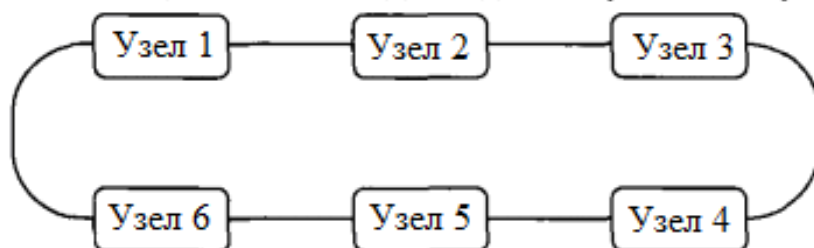


Рисунок 7.6 – Кольцевая топология

Информация по кольцу передается от узла к узлу. Каждый промежуточный узел между передатчиком и приемником ретранслирует направленное сообщение. Принимающий узел распознает и получает только адресованные ему сообщения. Кольцевая топология является идеальной для сетей, занимающих сравнительно небольшой пространство. В ней отсутствует центральный узел, повышается надежность сети. Ретрансляция информации позволяет использовать в качестве передающей среды любые типы кабелей. Последовательный порядок обслуживания узлов такой сети снижает ее быстродействие, а выход из строя одного из узлов нарушает целостность кольца и требует применения специальных мер для сохранения тракта передачи.

Шинная топология – одна из самых простых (рис. 7.7). Данные от передающего узла сети распространяются по шине в обе стороны. Промежуточные узлы не транслируют поступающих сообщений. Информация поступает на все узлы, но принимает сообщение только тот, которому оно адресовано. Порядок обслуживания – параллельный. Это обеспечивает высокое быстродействие ЛВС с шинной топологией.

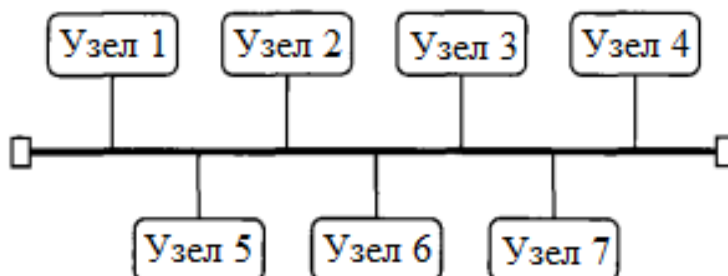


Рисунок 7.7 – Шинная топология

Сеть легко наращивать и конфигурировать, а также адаптировать к различным систем. ЛВС с шинной топологией устойчива к возможным неисправностям отдельных узлов, такие сети наиболее распространенные



сегодня. Следует отметить, что они имеют протяженность и не допускают использовать различные типы кабелей в пределах одной сети.

Звездообразная топология (рис. 7.8) исходит из концепции центрального узла, к которому подключаются периферийные узлы. Каждый периферийный узел имеет свою отдельную линию, соединенную с центральным узлом.

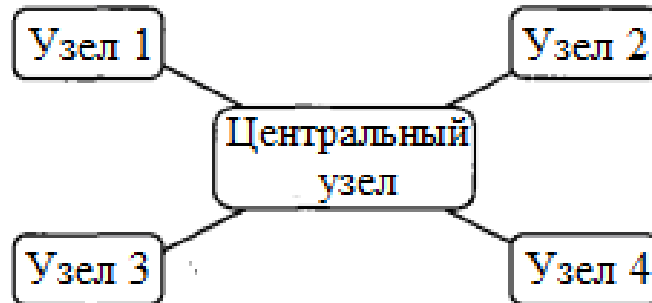


Рисунок 7.7 – Звездообразная топология

## ТЕМА 8. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ АВТОМОБИЛЯ

### 8.1 Антиблокировочная тормозная система

Антиблокировочная тормозная система (англ. Antilock Brake System, ABS) препятствует блокировке колес автомобиля при торможении, тем самым обеспечивая безопасность движения и быструю остановку автомобиля.

Автомобильное колесо в процессе торможения замедляет свое вращение в широком диапазоне скоростей от свободного качения до полного блокирования, то есть движется относительно дорожного полотна с проскальзыванием. Степень проскальзывания определяется отношением разности скорости автомобиля и окружной скорости вращения колеса к скорости автомобиля. От этой величины зависит коэффициент сцепления колеса с дорогой, а следовательно, и тормозная сила на колесе автомобиля.

Типовая зависимость коэффициента сцепления колеса с дорогой  $\varphi$  от проскальзывания  $S$  (рис. 8.1) достигает максимального значения коэффициента сцепления в продольном направлении. Для получения максимального замедления автомобиля и, следовательно, наименьшего тормозного пути (близкого к оптимальному торможению) необходимо, чтобы колеса при торможении имели проскальзывание, соответствующее максимальному значению коэффициента сцепления колеса с дорогой в продольном направлении. Для решения такой задачи и используется антиблокировочная тормозная система.

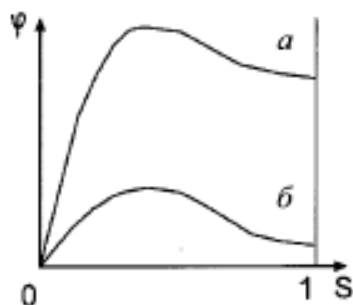


Рисунок 8.1 – Зависимость коэффициента сцепления колеса с дорогой  $\varphi$  от проскальзывания  $S$ :  $a$  и  $b$  – коэффициенты  $S$  на сухом и обледенелом бетоне, соответственно

При экстренном торможении обычная тормозная система обеспечивает торможение колес до их полного блокирования. Оптимальное торможение, по сравнению с торможением до блокирования колеса, позволяет уменьшить тормозной путь автомобиля на сухой дороге на 20%, а на мокрой и покрытой льдом – на 50...60 %. При этом коэффициент сцепления колеса с дорогой в поперечном направлении также имеет высокое значение, что, в свою очередь, повышает устойчивость и управляемость автомобиля при торможении.

В современных автомобилях антиблокировочная тормозная система управляет всеми колесами автомобиля, но возможны и другие варианты.

Структурная схема антиблокировочной тормозной системы с обратной связью представлена на рис. 8.2. Электронный блок управления (ЭБУ) собран на базе интегральных микросхем с применением цифровой технологии. Он состоит из четырех блоков и семи микросхем:

- входной усилитель ABS для формирования и усиления сигналов датчика скорости колеса;

- блок вычислений ABS для выполнения логических операций, сравнения угловых скоростей колес, определения пробуксовки колес, их замедления и для формирования команд исполнительному механизму;
- блок управления ABS, представляющий собой усилитель мощности для привода электромагнитных клапанов в модуляторе давления;
- блок контроля исправности ABS. При возникновении неисправности этот блок отключает антиблокировочную систему. При этом основная тормозная система (без регулировки) остается в рабочем состоянии.

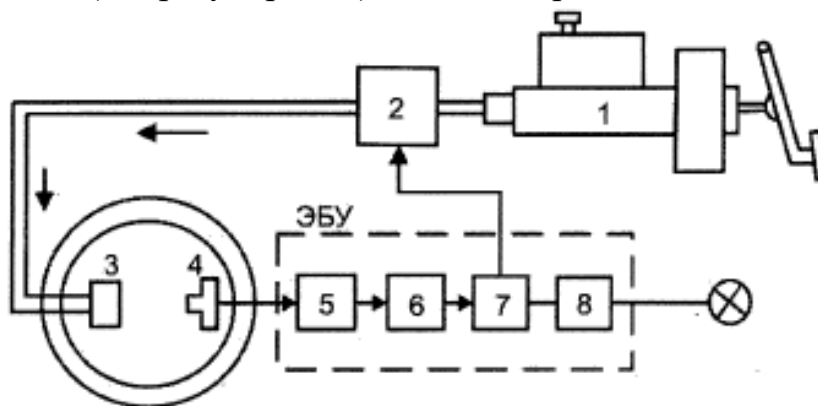


Рисунок 8.2 – Антиблокировочная тормозная система (ABS) с обратной связью: 1 – главный тормозной цилиндр; 2 – модулятор давления; 3 – колесный тормозной цилиндр; 4 – датчик скорости колеса; 5 – входной усилитель ABS; 6 – блок вычислений ABS; 7 – блок управления ABS; 8 – блок контроля исправности ABS

## 8.2 Противобуксовочная система автомобиля

*Противобуксовочная система* (Anti-Slip Regulation, ASR) – это электрогидравлическая система автомобиля, предназначенная для предотвращения потери тяги посредством контроля за пробуксовкой ведущих колес. Иногда эту систему называют системой управления силой тяги (трэкшн-контроль).

Во время ускорения автомобиля, когда излишний крутящий момент приводит к быстрому повышению частоты вращения одного или обоих ведущих колес, противобуксовочная система поддерживает проскальзывание ведущих колес в пределах допустимого уровня, выполняя функции регулирования силы тяги и поддержания курсовой устойчивости автомобиля. Противобуксовочная система с замкнутой обратной связью (рис. 8.3) объединяется с блоком управления антиблокировочной системы для совместного использования ее компонентов, включающих датчики частоты вращения колес и клапаны управления давлением.

Для оптимального управления (с замкнутой обратной связью) крутящим моментом на ведущих колесах механическая связь между педалью подачи топлива и дроссельной заслонкой (или рычагом управления топливной форсункой на дизельных двигателях) заменена на электронную систему управления. Датчик преобразует положение педали подачи топлива в электрический сигнал, который затем с помощью блока управления

используется для генерирования управляющего напряжения. Серводвигатель реагирует на этот сигнал восстановлением позиции дроссельной заслонки (или рычага управления топливным насосом в дизельных двигателях); затем он передает данные о положении дроссельной заслонки снова в блок управления.

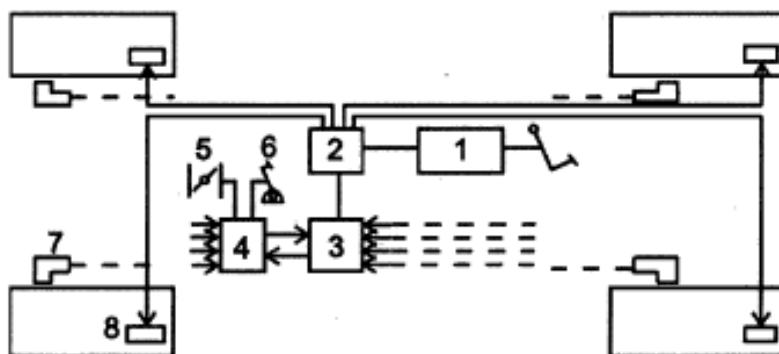


Рисунок 8.3 – Принципиальная схема противобуксовочной системы автомобиля: 1 – главный тормозной цилиндр; 2 – модулятор давления ABS/ASR; 3 – электронный блок управления ABS/ASR; 4 – электронный блок управления тягой двигателя; 5 – датчик положения дроссельной заслонки; 6 – датчик положения педали акселератора; 7 – датчики угловой скорости колес; 8 – колесные тормозные цилиндры

Краткое одновременное срабатывание рабочих тормозов применяется в качестве дополнения к работе электронной системы управления дроссельной заслонкой. К стандартному гидравлическому модулятору ABS может быть подключена секция ASR, что создает дополнительную гидравлическую энергию для получения тормозного усилия и переключения на работу ASR.

Реакция системы согласовывается регулированием момента воспламенения смеси, что позволяет сократить относительно протяженные задержки момента воспламенения, возникающие в том случае, когда крутящий момент двигателя контролируется исключительно с помощью дроссельной заслонки.

Существует несколько вариантов противобуксовочных систем (рис. 8.4): управление двигателем, управление двигателем-тормозами, управление двигателем с блокировкой дифференциала. Первый вариант управления не использует тормоза и не требует модификации антиблокировочной тормозной системы. Для повышения быстродействия системы при резком ускорении не только прикрывается дроссельная заслонка, но и уменьшается угол опережения зажигания и количество впрыскиваемого топлива. Данные меры способствуют увеличению устойчивости движения автомобиля.

Вместе с этой системой может применяться устройство блокировки дифференциала, что также увеличивает устойчивость автомобиля при ускорении. Подобная система управления тяговым усилием используется на автомобилях с задними ведущими колесами.

Во втором случае блок электронного управления используется антиблокировочной тормозной системой в качестве элемента системы управления тяговым усилием. Механическая связь между педалью управления

подачей топлива и дроссельной заслонкой заменяется электронной. Педаль управления подачей топлива воздействует на потенциометр, который посылает сигнал о ее положении в ЭБУ.



Рисунок 8.4 – Блок-схема вариантов противобуксовочной системы

Датчики угловых скоростей колес позволяют обнаружить пробуксовку ведущих колес. При возникновении пробуксовки ЭБУ посылает сигнал для закрытия дроссельной заслонки. В том случае, если пробуксовка начинается только у одного колеса, оно притормаживается антиблокировочной тормозной системой и одновременно прикрывается дроссельная заслонка. Эффективными являются применение блокируемого дифференциала и при необходимости притормаживание обоих ведущих колес. Этот способ требует наличия дополнительной гидравлической системы, кроме ABS.

### 8.3 Система управления курсовой устойчивостью автомобиля

Система управления курсовой устойчивостью автомобиля (Vehicle Dynamic Control, VDC) представляет собой систему с обратной связью, которая позволяет сохранить курсовую устойчивость во время движения автомобиля.

Она объединена с тормозной системой и силовой передачей, иногда ее называют противозаносной системой (ПЗС).

Система VDC предупреждает опережение или запаздывание поворота автомобиля во время управления им. Преимущества ABS и ASR развиваются системой VDC за счет повышения активной безопасности движения во время управления автомобилем по следующим пунктам:

- обеспечение водителя активной помощью даже в критических динамических ситуациях;
- увеличение курсовой устойчивости автомобиля даже при предельно сложных условиях дорожного движения для всех режимов эксплуатации, таких как полное или частичное торможение, движение накатом, разгон, торможение двигателем, изменение нагрузок;
- повышение устойчивости движения даже во время экстремальных маневров управления (аварийная ситуация);
- улучшение управляемости при предельно сложных условиях дорожного движения;
- лучшее использование потенциала сцепления между шинами и дорожным покрытием в зависимости от условий движения по сравнению с ABS и ASR.

На характеристику рулевого управления автомобиля можно повлиять посредством скольжения шин. В системе VDC эта характеристика шин используется в целях внедрения сервоуправления. Система VDC управляет не только скоростью вокруг вертикальной оси, но и курсовым углом. VDC не ограничивается режимами работы систем ABS и ASR, но также распространяется на режим движения автомобиля накатом и приводится в действие во время частичного торможения на пределе возможности управления автомобилем.

Управление автомобилем на пределе физических возможностей должно учитывать три степени свободы автомобиля на плоскости дороги (продольная и поперечная составляющие движения и поворот относительно вертикальной оси). Первоначально необходимо определить, как правильно должен вести себя автомобиль в соответствии с действиями водителя (номинальное поведение) и как он фактически себя ведет на дороге (действительное поведение). В целях минимизации разницы между номинальным и действительным поведением, силы действия на шину должны управляться исполнительными механизмами.

На рис. 8.5 показана структура управления курсовой устойчивостью автомобиля, состоящая из главного контроллера VDC и контроллеров скольжения. С помощью главного контроллера вводится значение номинальной величины проскальзывания  $\lambda_N$  для контроллера скольжения. Следящий блок определяет переменную контролируемого состояния (курсовой угол автомобиля).

Оцениваются сигналы от датчика положения рулевого колеса, датчика давления в тормозной системе и органов управления работой двигателя. Помимо скорости движения автомобиля вычисляются также необходимые

характеристики коэффициентов сцепления между шинами и дорожным покрытием.

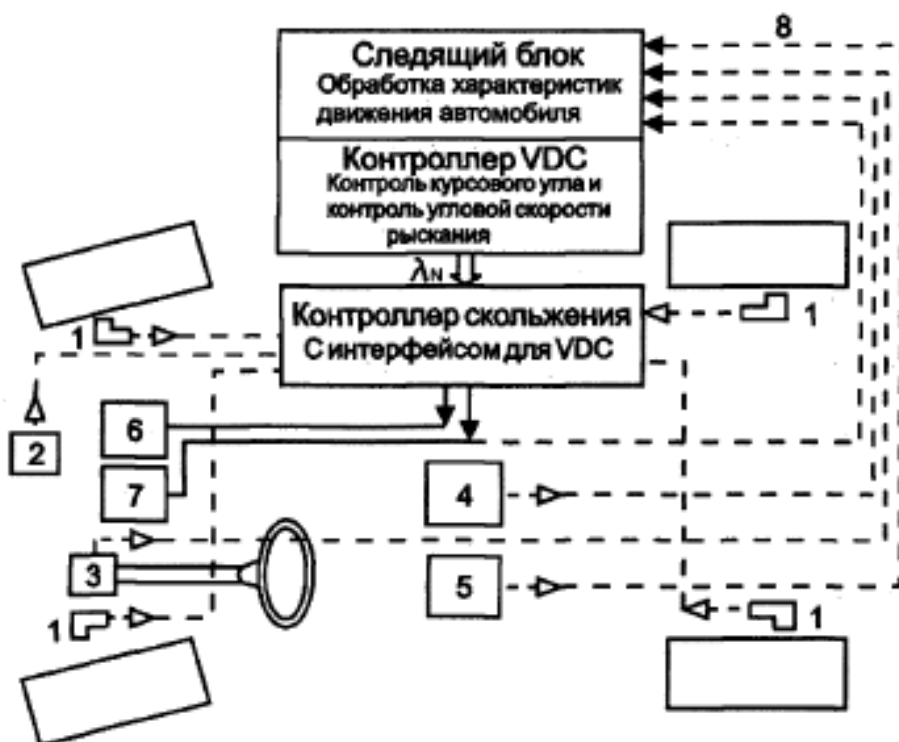


Рисунок 8.5 – Принципиальная схема системы управления курсовой устойчивостью автомобиля: 1 – датчики скорости вращения колес; 2 – датчик давления в тормозной системе; 3 – датчик положения рулевого колеса; 4 – датчик угловой скорости относительно вертикальной оси; 5 – датчик поперечного ускорения; 6 – модулятор давления; 7 – электронный блок управления тягой двигателя; 8 – сигналы датчиков для VDC;  $\lambda_N$  – номинальное проскальзывание шины

Эти параметры оцениваются на основе сигналов, получаемых от датчиков скорости вращения колес, поперечного ускорения, угловой скорости относительно вертикальной оси и давления в тормозной системе. Затем рассчитывается момент относительно вертикальной оси, который нужен для приближенного приведения параметров действительного состояния к параметрам требуемого состояния. В целях получения требуемого момента рыскания необходимо, чтобы изменения в величинах относительного скольжения колес определялись посредством контроллера VDC. Затем эти величины устанавливаются с использованием контроллеров скольжения и тягового усилия с помощью исполнительного механизма гидравлической тормозной системы (модулятора давления) и электронного блока управления тягой двигателя. В данной системе применяется метод последовательных приближений компонентов ABS и ASR. Гидравлический модулятор с расширенными функциями ASR допускает высокий уровень динамического торможения всех колес при любых существующих температурах и в то же время надежно поддерживает необходимое разделение тормозных контуров.

Необходимый крутящий момент двигателя может быть установлен посредством управления работой двигателя через интерфейс CAN.

Во время работы ПЗС реагирует на критические ситуации в том случае, если известно, куда намерен ехать водитель и куда на самом деле едет автомобиль. Ответ на первый вопрос система получает от датчиков, определяющих угол поворота рулевого колеса и угловые скорости колес автомобиля. Ответ на второй вопрос можно получить, измерив угол поворота автомобиля вокруг вертикальной оси и величину его поперечного ускорения. Если от датчиков поступают разные ответы на упомянутые выше вопросы, то существует вероятность возникновения критической ситуации, при которой необходимо вмешательство ПЗС. Критическая ситуация может проявляться в двух вариантах поведения автомобиля: недостаточная и избыточная поворачиваемость автомобиля.

В случае недостаточной поворачиваемости автомобиля ПЗС дозированно подтормаживает заднее колесо на внутренней стороне поворота, а также воздействует на системы управления работой двигателя и АКП (если автомобиль оборудован автоматической трансмиссией). В результате добавления к сумме сил тормозной силы, приложенной к упомянутому выше колесу, вектор результирующей силы, действующей на автомобиль, поворачивается в сторону поворота и возвращает машину на заданную траекторию движения, предотвращая выезд за пределы проезжей части и обеспечивая тем самым вписываемость в поворот.

В случае избыточной поворачиваемости автомобиля ПЗС дозированно подтормаживает переднее колесо на внешней стороне поворота и воздействует на системы управления работой двигателя и АКП (если автомобиль оборудован автоматической трансмиссией). Вследствие чего вектор результирующей силы, действующей на автомобиль, поворачивается наружу поворота, предотвращая тем самым занос автомобиля и следующее за ним неуправляемое вращение вокруг вертикальной оси. Еще одной распространенной ситуацией, в которой требуется вмешательство ПЗС, является объезд неожиданно возникшего на дороге препятствия. В случае, если автомобиль не оборудован ПЗС, события часто развиваются по следующему сценарию. Чтобы избежать столкновения с неожиданно возникшим препятствием, водитель резко поворачивает влево, а затем, чтобы возвратиться на ранее занимаемую полосу, – вправо. В результате автомобиль резко поворачивается и возникает занос задних колес, переходящий в неуправляемое вращение автомобиля вокруг вертикальной оси.

Развитие ситуации в случае с автомобилем, оборудованным ПЗС, выглядит несколько иначе. Водитель пытается объехать препятствие, как и в первом случае. По сигналам датчиков ПЗС распознает возникший неустойчивый режим движения автомобиля, производит необходимые вычисления и (в качестве контрмеры) подтормаживает левое заднее колесо, способствуя тем самым повороту автомобиля. При этом сила бокового увода передних колес сохраняется. Пока машина движется по дуге влево, водитель начинает поворачивать рулевое колесо вправо. Чтобы способствовать повороту автомобиля вправо, ПЗС подтормаживает правое переднее колесо. Задние



колеса при этом вращаются свободно, благодаря чему оптимизируется действующая на них боковая сила увода. Предпринятая водителем смена полосы движения может вызвать резкий поворот автомобиля вокруг вертикальной оси. Чтобы предотвратить занос задних колес, подтормаживается левое переднее колесо. В особо критических ситуациях это торможение должно быть очень интенсивным, чтобы ограничить нарастание боковой силы увода, действующей на передние колеса.

Рекомендуется выключать ПЗС при «раскачке» автомобиля, застрявшего в глубоком снегу или рыхлом грунте, езде с цепями противоскольжения и проверке автомобиля на динамометрическом стенде. Отключение ПЗС осуществляется нажатием кнопочного выключателя на панели приборов, включение – повторным нажатием на указанную клавишу. При запуске двигателя ПЗС находится в рабочем режиме.

#### **8.4 Система автоматического управления трансмиссией автомобиля**

Система автоматического управления трансмиссией автомобиля реализуется благодаря появлению на автомобилях автоматических коробок перемены передач (АКПП). АКПП обеспечивают бесступенчатое регулирование крутящего момента, подводимого к колесам автомобиля. Большинство АКПП состоят из гидротрансформатора, планетарных редукторов, фрикционных и обгонных муфт и соединительных валов и барабанов. Также иногда применяется тормозная лента, затормаживающая один из барабанов относительно корпуса АКПП при включении той или иной передачи.

Устройство управления АКПП представляет собой набор золотников, управляющих потоками масла к поршням тормозных лент и фрикционных муфт. Положения золотников задаются как вручную – механически рукояткой селектора, так и автоматически. Автоматика может быть гидравлической или электронной. Гидравлическая автоматика реагирует на изменение давления масла от центробежного регулятора, соединенного с выходным валом АКПП, а также от нажатой водителем педали газа, получая информацию о скорости автомобиля и положении педали газа, на основании которой переключаются золотники.

Электронная автоматика предполагает использование соленоидов, перемещающих золотники. Кабели от соленоидов выходят из АКПП и идут к расположенному вне АКПП блоку управления, иногда объединенному с блоком управления впрыском топлива и зажиганием (рис. 8.6).

Решение о перемещении соленоидов принимается электроникой на основе информации о положении педали газа и скорости автомобиля, а также о положении рукоятки селектора. В некоторых случаях работоспособность АКПП сохраняется даже при полном выходе из строя электронной автоматики, но только с третьей передачей переднего хода или же со всеми передачами переднего хода, но с необходимостью их ручного переключения рукояткой селектора.

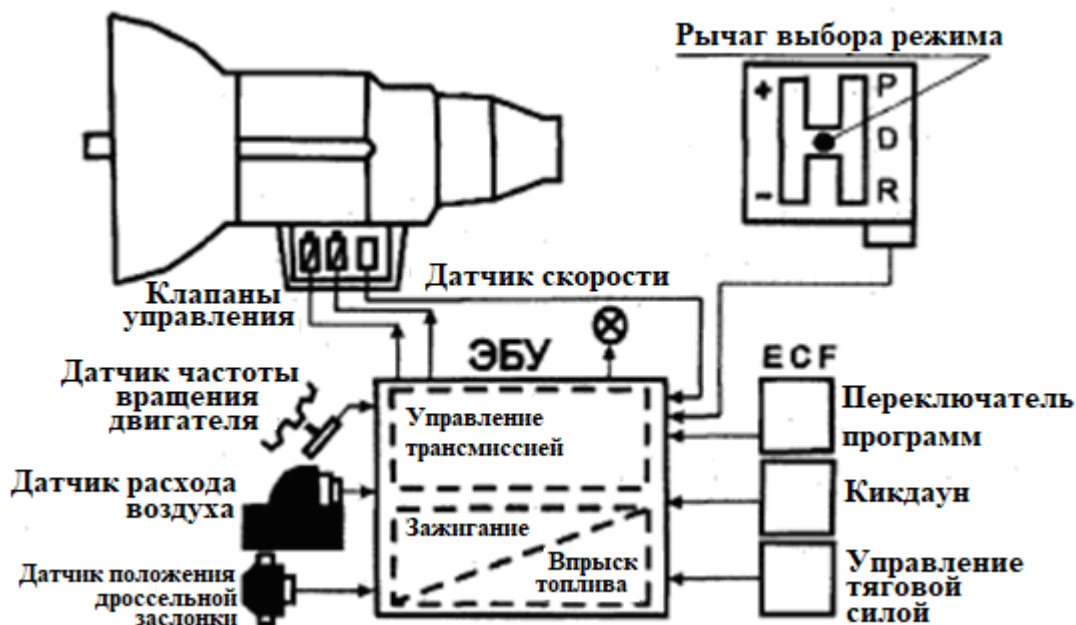


Рисунок 8.6 – Управление автоматической коробкой перемены передач

Разновидностью АКПП является автоматизированная бесступенчатая трансмиссия (вариатор). Также существуют различные автоматизированные («роботизированные») механические коробки перемены передач. Второе поколение роботизированных коробок передач называется преселективными коробками передач.

### 8.5 Система автоматического управления подвеской автомобиля

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

Рассмотрим принцип регулирования сопротивления амортизатора, жесткости подвески и высоты кузова на примере одного колеса (рис. 8.7). Упругий элемент расположен между кузовом автомобиля и нижним рычагом подвески. Параллельно пружине подвески установлена основная пневмокамера, внутри которой (иногда вне ее) находится амортизатор. В кузове, выше основной пневмокамеры, расположена вспомогательная камера. Обе камеры соединены между собой перепускным клапаном, проходное сечение которого регулируется электромагнитным клапаном. Этот клапан связан с компрессором подпитки камер воздухом через влагоотделитель. Атмосферный воздух поступает в компрессор через фильтр.

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.

Сопротивление амортизаторов регулируется изменением проходного сечения перепускных отверстий в поршне. Для этого в поршень вмонтирован поворотный золотник. Золотник поворачивается стержнем, соединенным с электродвигателем. ЭБУ дает команду электродвигателю повернуть золотник на необходимый угол, тем самым изменяя сопротивление амортизаторов.

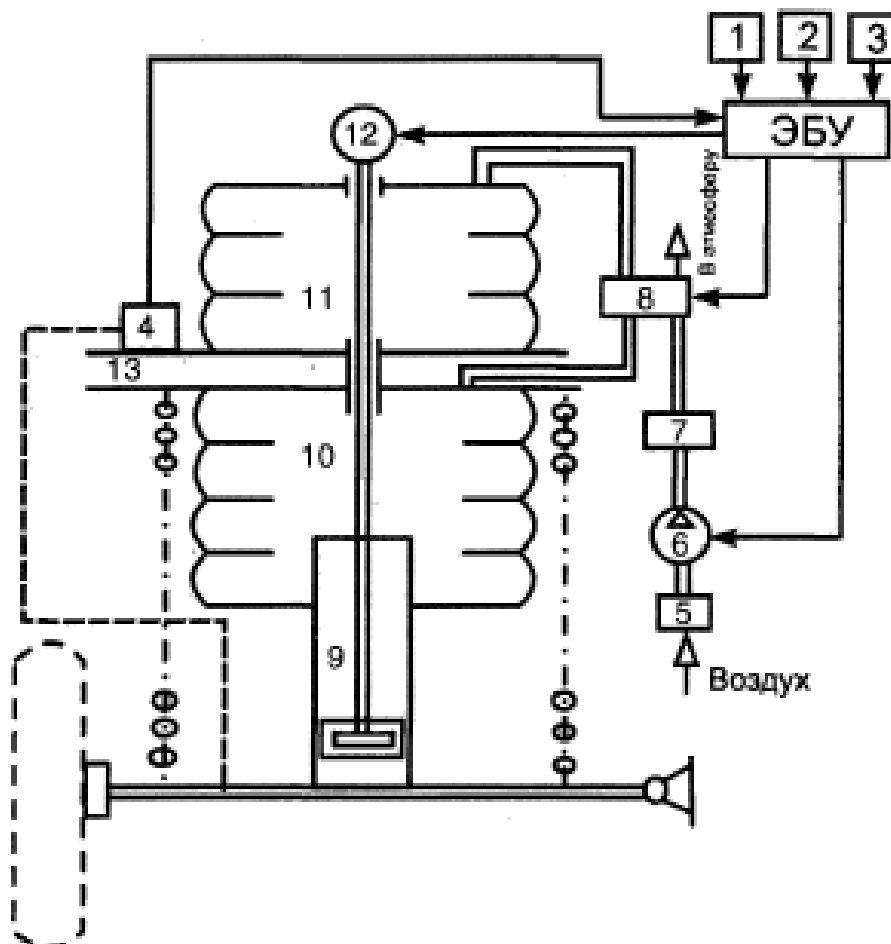


Рисунок 8.7 – Схема автоматического регулирования подвески: 1 – датчик скорости; 2 – датчик ускорения; 3 – датчик угловой скорости относительно вертикальной оси; 4 – датчик положения кузова автомобиля; 5 – фильтр; 6 – компрессор с приводом; 7 – влагоотделитель; 8 – электромагнитный клапан; 9 – амортизатор; 10, 11 – пневмокамеры; 12 – электродвигатель; 13 – кузов

Электронный блок управления силой сопротивления амортизаторов выполняется на цифровых схемах (рис. 8.8). Все входные сигналы являются цифровыми и поступают в микропроцессор через схемы входной обработки, формирующие сигналы. Выходные сигналы ЭБУ подаются на исполнительные механизмы управления режимами работы амортизаторов и на индикаторы, показывающие уровень силы сопротивления, через схемы выходной обработки от микропроцессора.

В схемах управления исполнительными механизмами предусматриваются средства Обеспечения работоспособности при появлении ошибок от скачков напряжения и защита от перегрузки по току. Источники питания преобразуют напряжение бортовой сети в напряжение 5 В, необходимое для работы интегральных схем. Выполнение основной программы занимает приблизительно 4 мс. За это время микропроцессор обрабатывает входные сигналы от датчиков и подает выходные сигналы на исполнительные механизмы. Чем короче время выполнения основной программы, тем выше быстрдействие ЭБУ.

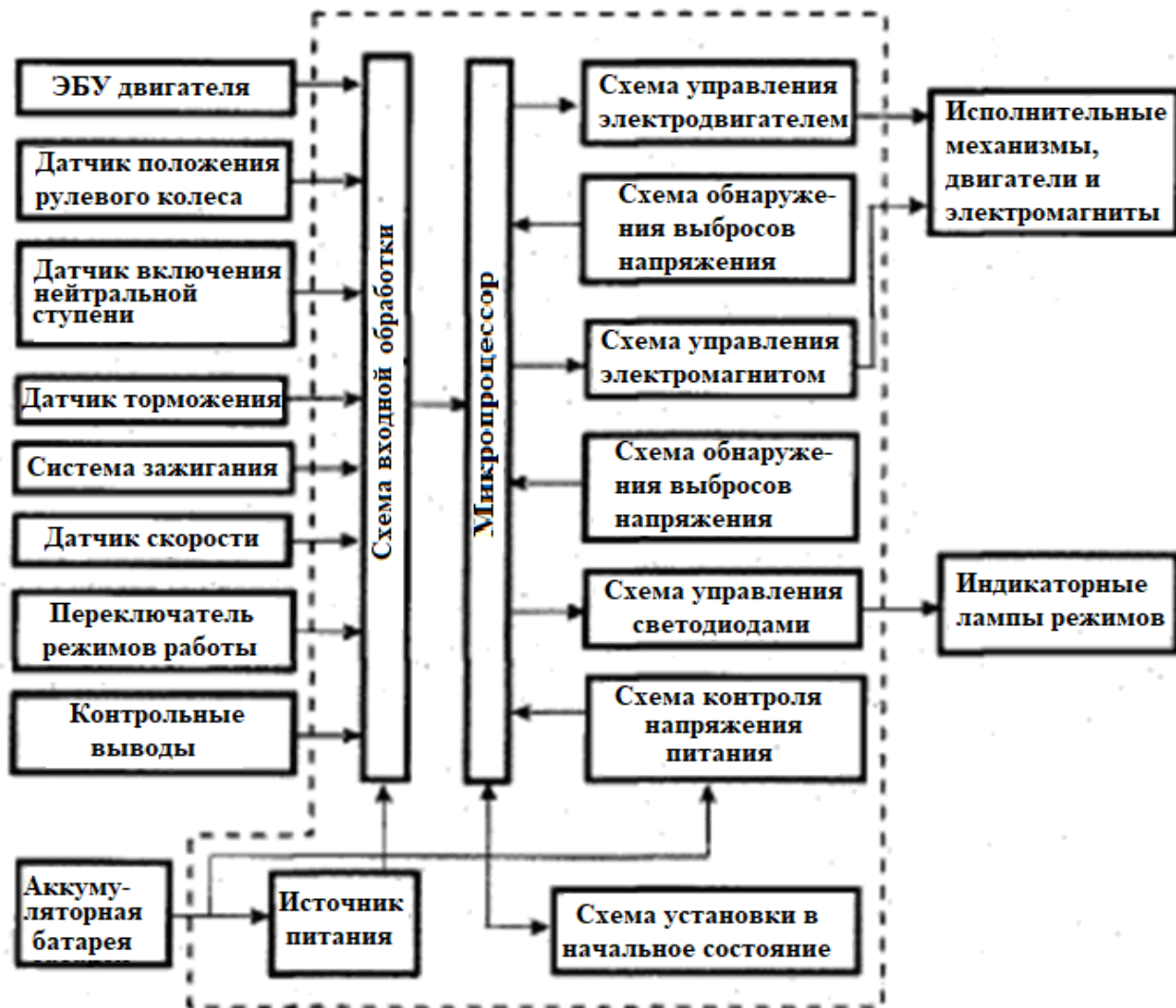


Рисунок 8.8 – Структурная схема ЭБУ силой сопротивления амортизаторов

## РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИКУМ

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 ИСПЫТАНИЕ СТАРТЕРНОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

**Цель занятия:** изучить конструкцию и принцип действия стартерных аккумуляторных батарей, отработать практические навыки их испытания.

**Оборудование:** автомобильная аккумуляторная батарея, амперметр, вольтметр, реостат.

#### Теоретическая часть

Стартерные аккумуляторные батареи (АКБ) служат в автомобилях в качестве источников энергии, необходимой для запуска двигателя и питания всех потребителей. В автомобилях используется два вида источника энергии: аккумуляторная батарея и электрогенератор. Аккумуляторная батарея обеспечивает энергией стартер при запуске двигателя, компенсируя нехватку энергии, когда генератор еще не вступил в работу, поэтому она и называется стартерной.

Стартерная аккумуляторная батарея собирается в одном моноблоке, разделенном перегородками на отдельные камеры по числу аккумуляторов в батарее. Для активной химической реакции, в результате которой выделяется электрическая энергия, необходимы два разнородных проводника-электрода, находящиеся в электропроводящей жидкости электролите. В автомобильных аккумуляторах в качестве проводников применены решетчатые пластины из сплава свинца с сурьмой (рис. 1).

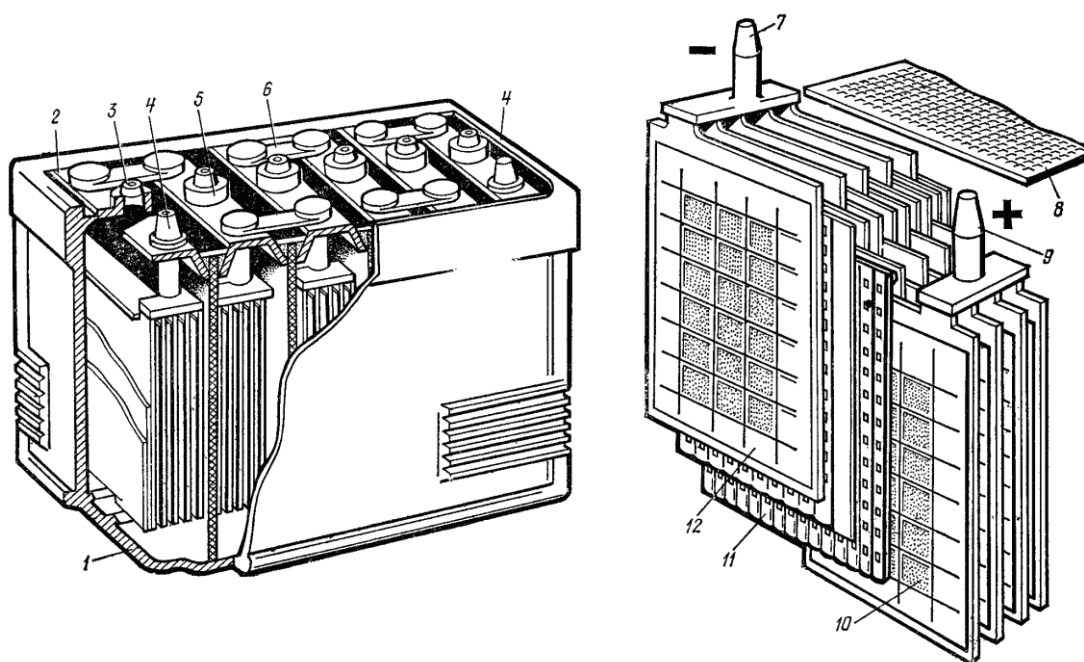


Рисунок 1 – Конструкция аккумуляторной батареи: 1 – бак; 2 – мастика; 3 – наливное отверстие; 4, 7 и 9 – полюсные штыри; 5 – пробка наливного

отверстия; 6 – перемычка; 8 – предохранительный щиток; 10 – положительная пластина; 11 – сепаратор; 12 – отрицательная пластина

Батарея работает на базе принципа двойного преобразования: вначале электричество от сторонних источников преобразуется в химическую энергию, затем химическая энергия преобразуется в электрическую. АКБ – не самостоятельный источник электропитания, а только накапливает и преобразует электричество.

По характеру обслуживания стартерные АКБ делятся на три типа:

– *традиционные* (требующие периодического обслуживания) – в АКБ нового поколения сурьма заменена кальцием, и свинцово-кальциевый сплав не вызывает при заряде стартерных аккумуляторов газовыделения из-за разложения воды, в связи с чем не происходит и ее потерь. Для контроля уровня электролита служат пробки, а проверка уровня производится по срокам технического обслуживания автомобиля;

– *малообслуживаемые* – в решетках таких стартерных АКБ существенно снижена доля сурьмы, вызывающая разложение (электролиз) воды. Контроль уровня воды и его корректировку достаточно осуществлять раз в год или при пробеге в 50 000 километров. В АКБ, выполненных с использованием сепаратор-конверта, в который заключен один из электродов (технология VARTA), увеличен запас электролита, что также удлиняет период контроля;

– *необслуживаемые* – не требуют проверки уровня электролита и его долилки в течение всего времени эксплуатации. Это достигнуто путем совершенствования технологии и замены материалов. Еще одним обязательным условием эксплуатации такой автомобильной аккумуляторной батареи является точное регулирование напряжения заряда на выходе генератора на уровне 14,4 В.

Стартерная батарея проверяется на электроотдачу в различных режимах, которые в той или иной степени реально могут иметь место в процессе эксплуатации. Отдача энергии осуществляется по фиксированным (заданным) показателям тока и напряжения, которым стартерные аккумуляторные батареи должны соответствовать, при этом величину тока разряда (как заявленный показатель) устанавливает изготовитель.

### **Порядок выполнения работы**

1. Внешним осмотром определить чистоту поверхности крышек и наличие трещин в стенках бака, крышках и мастике, а также степень окисления выводных штырей.

2. Покачиванием штырей определяют люфт их в свинцовых втулках крышек.

3. При вывернутых пробках наблюдают выделение пузырьков газов из электролита. Наличие пузырьков свидетельствует об образовании местных токов в активной массе пластин при попадании на активную массу посторонних металлов или их окислов.

4. При помощи ареометра измерить фактическую плотность электролита  $\rho_f$  и его температуру  $t_3$ . Действительную плотность рассчитать по формуле:

$$\rho_{\varepsilon} = \rho_{\phi} + 0,007 \cdot (t_{\varepsilon} - 15^{\circ}\text{C}) \quad (1.1).$$

В заряженных аккумуляторах батареи плотность электролита, приведенная к  $15^{\circ}\text{C}$ , не должна превышать  $1,29 \text{ кг/м}^3$  зимой и  $1,27 \text{ кг/м}^3$  летом.

5. Замыканием пластин при помощи вольтметра определить электродвижущую силу (ЭДС) батареи  $\varepsilon_{изм}$ .

6. Найти расчетную ЭДС батареи по формуле

$$\varepsilon_p = \rho_{\varepsilon} + 0,84 \text{ В} \quad (1.2).$$

Если замеренная ЭДС  $\varepsilon_{изм}$  будет меньше величины расчетной

$$\varepsilon_{изм} < \varepsilon_p, \quad (1.3).$$

то в аккумуляторе имеется частичное короткое замыкание пластин выкрошившейся активной массой, которая оседает на поверхности и в порах сепараторов.

7. Определить степень разряженности батареи по плотности электролита  $\rho_{\varepsilon}$ . Уменьшение плотности электролита на  $0,01 \text{ кг/м}^3$  соответствует разряду аккумулятора на 6%.

8. Определить степень разряженности батареи измерением напряжения аккумулятора нагрузочной вилкой. Напряжение, регистрируемое вольтметром, при включенном нагрузочном сопротивлении вилки замеряют в конце пятой секунды. У полностью заряженного аккумулятора напряжение будет  $1,8 \dots 1,7 \text{ В}$ , у разряженного на 25% –  $1,7 \dots 1,6 \text{ В}$ , у разряженного на 50% –  $1,6 \dots 1,5 \text{ В}$ .

9. Для определения емкости батареи к ее подключить реостат с последовательно включенным ему амперметром и установить силу тока, равную 0,1 емкости батареи. Разряд производят до тех пор, пока на зажимах одного из аккумуляторов напряжение не снизится до  $1,7 \text{ В}$ .

10. Емкость батареи  $Q$  вычислить по формуле

$$Q = I \cdot t, \quad (1.4).$$

где  $I$  – сила разрядного тока, А;  $t$  – время разряда, ч.

### Контрольные вопросы:

1. Что называется стартерной аккумуляторной батареей, для чего она используется в автомобиле.

2. Какие виды стартовых АКБ существуют?

3. Назовите основные неисправности стартерных АКБ и причины, их вызывающие.

4. Назовите основные главные рабочие характеристики стартерных АКБ и методы их определения?

5. Опишите порядок определения емкости аккумуляторной батареи.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 ИСПЫТАНИЕ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

**Цель занятия:** изучить конструкцию и принцип действия автомобильных свечей зажигания, освоить порядок проведения их стендовых испытаний.

**Оборудование:** стенд для проверки свечей зажигания «Молния», набор свечей зажигания.

### Теоретическая часть

*Свечи зажигания* – устройства для воспламенения топливо-воздушной смеси в двигателях внутреннего сгорания. По принципу инициирования воспламенения бывают искровые, дуговые, накаливания, каталитические, полупроводниковые поверхностного разряда, плазменные воспламенители и др.

В бензиновых ДВС используются искровые свечи зажигания, вызывающие воспламенение топливо-воздушной смеси электрическим разрядом при напряжении в несколько десятков тысяч вольт между электродами свечи. Такая свеча срабатывает на каждом цикле, в определённый момент работы двигателя.

Свеча зажигания (рис. 1) состоит из металлического корпуса, изолятора и центрального проводника. Современные свечи могут иметь встроенный резистор между контактным выводом и центральным электродом.



Рисунок 1 – Устройство свечи зажигания: 1 – контактный вывод; 2 – ребра изолятора; 3 – изолятор; 4 – металлическая оправа; 5 – центральный электрод; 6 – боковой электрод; 7 – уплотнитель

*Контактный вывод*, расположенный в верхней части свечи, предназначен для ее подключения к высоковольтным проводам системы зажигания или непосредственно к индивидуальной высоковольтной катушке зажигания. *Ребра изолятора* затрудняют электрический пробой по его поверхности, удлиняя путь поверхностных токов и увеличивая рабочую длину изолятора.

*Изолятор*, как правило, изготавливают из керамики, способной выдерживать температуры от 450 до 1 000°C и напряжение более 50 кВ, точный состав изолятора и его длина частично определяют тепловую маркировку свечи. *Уплотнители* предназначены для предотвращения прорыва горячих газов из камеры сгорания. *Корпус* служит для ввёртывания свечи в резьбу головки блока цилиндров и для отвода тепла от изолятора и электродов, а также является проводником электричества от «массы» автомобиля к боковому электроду.

*Боковой электрод*, как правило, изготавливается из легированной никелемарганцевистой стали и приваривается контактной сваркой к корпусу.



Боковой электрод сильно нагревается во время работы, что может привести к калильному зажиганию, его форма в зоне пробоа напоминает сопло Лавалья, за счёт чего создаётся поток раскалённых газов, истекающих из внутренней полости свечи. Такой поток эффективно поджигает рабочую смесь в камере сгорания, увеличивая полноту сгорания смеси и, как следствие, мощность двигателя, а также снижая токсичность выхлопных газов.

Центральный электрод соединяется с контактным выводом свечи через стеклогерметик с резистором, это позволяет уменьшить радиопомехи от системы зажигания. Наконечник центрального электрода изготавливают из железо-никелевых сплавов с добавлением меди и хрома. Иногда на рабочую поверхность напыляют иттрий, в некоторых используют платиновые напылки или утонченный электрод из иридия. Центральный электрод – наиболее термически нагруженная деталь свечи.

Отечественные свечи зажигания для всех видов транспорта удовлетворяют международному регламенту ИСО-МС-1919, что позволяет заменять их импортными аналогами, сходными по ключевым характеристикам. Пример маркировки свечи зажигания показан на рис. 2

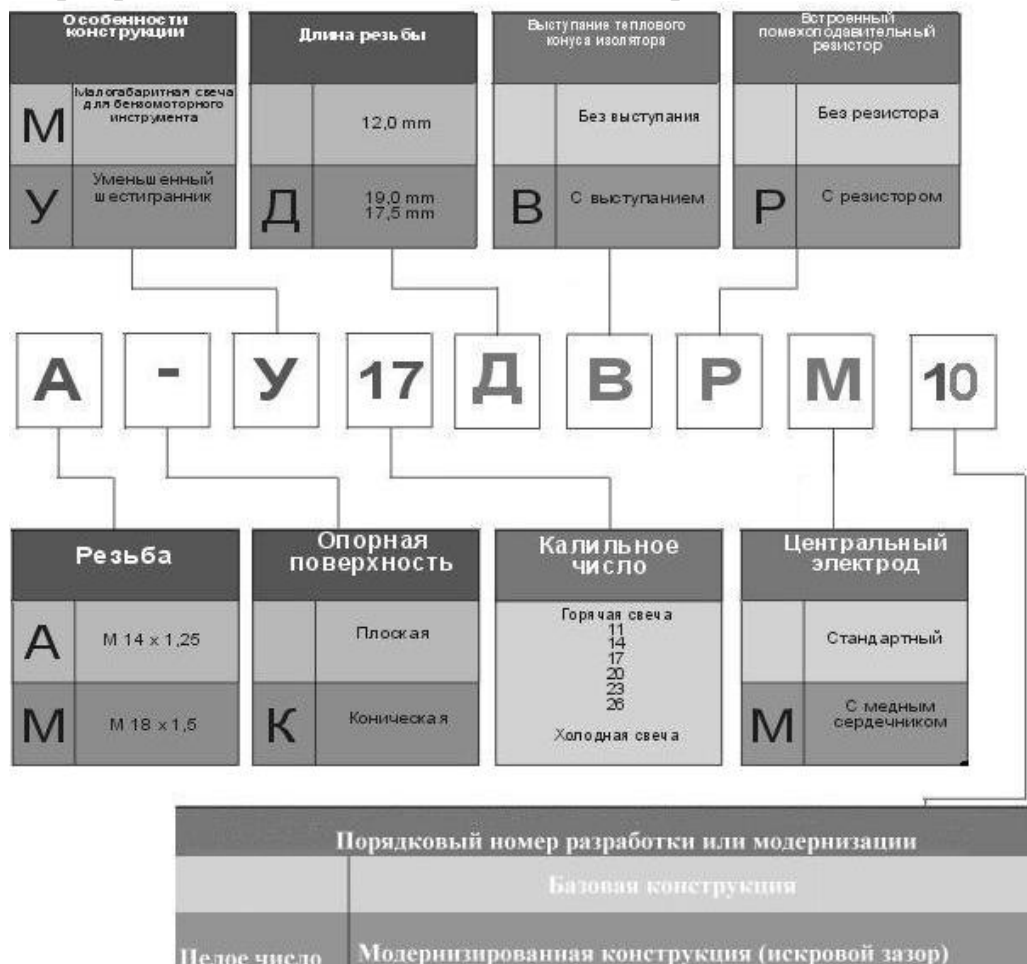


Рисунок 2 – Маркировка свечей зажигания

### Описание лабораторной установки

Стенд проверки свечей зажигания и коммутаторов «Молния» является универсальным оборудованием, предназначенным для диагностики свечей

зажигания с резьбой на корпусе М14×1,25 и М18×1,5 и длиной резьбовой части от 14 до 19 мм, а также автомобильных коммутаторов зажигания.

Стенд представляет собой металлический корпус 1 (рис. 1, а), на котором расположены органы управления и контроля процессов диагностики: пульт управления 2 с кнопками и жидкокристаллическим индикатором; манометр 3; камера высокого давления для проверки свечи 4. На правой боковой панели стенда расположены разъёмы для подключения внешнего коммутатора 5 и высоковольтного провода 6. Кабель с клеммами подключения к аккумулятору 7 выведен с левой стороны стенда. На кабеле питания располагается держатель предохранителя 8 с предохранителем номиналом 25 А.

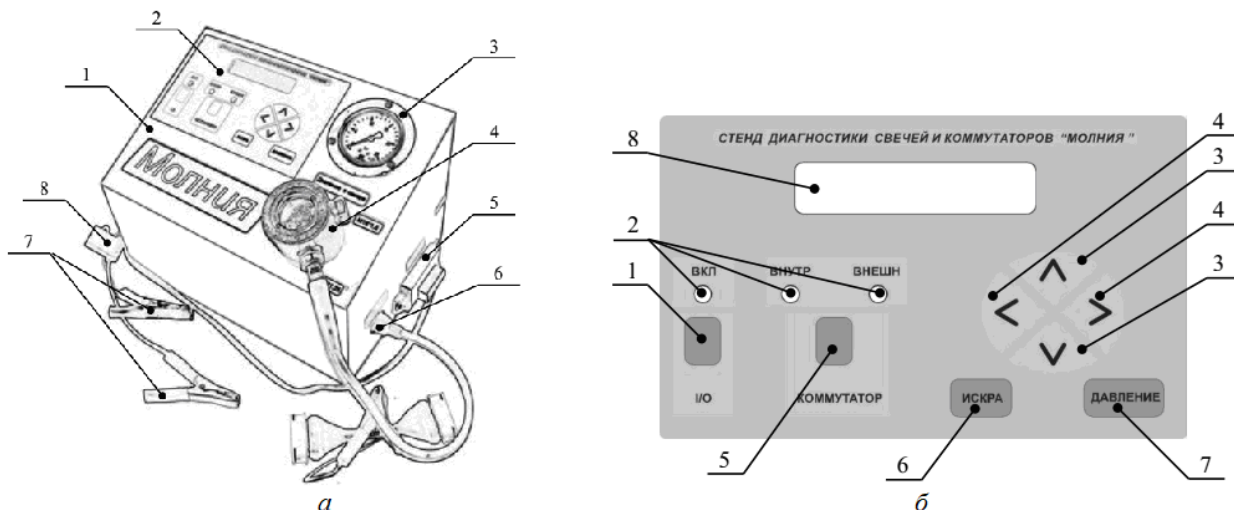


Рисунок 1 – Стенд для проверки свечей зажигания «Молния»: а – внешний вид; б – пульт управления

Рабочее место со стендом «Молния» должно содержаться в чистоте и быть оборудовано порошковым огнетушителем. При работе на стенде следует остерегаться высоковольтного напряжения, которое подаётся на проверяемую свечу. Во время работы стенда не допускать попадания рук и других частей тела в зону непосредственной близости от свечи и высоковольтного провода.

### Порядок выполнения работы:

1. Аккуратно и до ощутимого упора вернуть проверяемую свечу в отверстие 4 в камере высокого давления и подключить к ней высоковольтный провод. Во второе отверстие вернуть заглушку.

2. Для повышения герметичности уплотнения перед установкой снять штатную шайбу на свече.

3. Подключить клеммы кабеля питания 7 к положительной и отрицательной клеммам автомобильного аккумулятора в соответствии с обозначением на контактах. После подключения включатся светодиодные и жидкокристаллический индикатор на панели управления стендом. Индикатор «Вкл» будет светиться зелёным, при неправильном подключении клемм стенд не включится.

4. Включение стенда допускается только после установки свечи на камеру высокого давления и подключения к свече высоковольтного провода. Включение стенда без установленной свечи, либо с неподключённым к ней высоковольтным проводом категорически запрещается.

5. Кнопкой «Коммутатор» выбрать внутренний коммутатор. При этом светодиодный индикатор «Внутр» на панели управления должен светиться зелёным.

6. Нажать кнопку «Давление» и удерживать её, пока давление в камере не станет равным рабочему давлению для проверяемой свечи. Величину давления контролировать по манометру 3 на корпусе прибора.

7. Нажать и удерживать кнопку «Искра» для формирования высоковольтного напряжения на свече. При необходимости изменения частоты следования искры использовать кнопки ↑ и ↓.

8. Через окно в камере высокого давления 4 наблюдать за процессом искрообразования.

### **Контрольные вопросы:**

1. Каково предназначение свечей зажигания и на двигателях каких типов они устанавливаются?

2. Приведите классификацию свечей зажигания по способу поджига топливо-воздушной смеси и дайте краткую характеристику принципа действия каждого из видов.

3. Опишите конструкцию искровой свечи зажигания, дайте краткую характеристику назначения каждого из элементов.

4. Назовите основные неисправности свечи зажигания и причины, их вызывающие.

5. Какие вы знаете методы диагностирования неисправностей свечей зажигания?

6. Как производится испытание свечей зажигания на практическом занятии?

7. Как маркируются свечи зажигания? Что показывает калильное число свечи зажигания?

8. Какие факторы обуславливают выбор типа свечей зажигания для конкретного двигателя?

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

**Цель занятия:** изучить устройство существующих систем зажигания и методику проверки их технического состояния.

#### Теоретическая часть

Система зажигания двигателя предназначена для воспламенения воздушно-топливной смеси, возгорание которой происходит благодаря искре. В зависимости от того каким способом происходит управления процессом, системы зажигания разделяют на четыре типа: контактные, бесконтактные, электронные и микропроцессорные.

Контактные схемы применялись на первых бензиновых двигателях, их принцип действия состоял в следующем. При разрыве цепи прерывателя в первичной обмотке катушки прекращается ток, но благодаря эффекту самоиндукции во вторичной обмотке появляется напряжение, которое может достигать десятков киловольт. Это напряжение через распределитель поступает свечу, где возникает искра, которая и поджигает бензин в цилиндрах двигателя.

Надежность классической системы существенно снизилась для высокооборотных двигателей с увеличенным числом цилиндров, а также двигателей, использующих обедненные смеси и повышенную степень сжатия в цилиндрах. Для устранения этих недостатков была разработана контактно-транзисторная система зажигания (рис. 1).

Отличительной особенностью данной схемы является то, что небольшой ток, поступающий на базу, позволяет управлять током гораздо большей величины, протекающим через прибор.

Прерыватель теперь воздействует не на обмотку, а на базу транзистора. В остальном контактно-транзисторная схема работает так же, как обычная система зажигания, при прерывании в первичной обмотке катушки протекания тока, во вторичной наводится высоковольтное напряжение.

Использование контактно-транзисторного управления процессами в катушке зажигания увеличить зазор между электродами за счет повышения вторичного напряжения, тем самым сделав более устойчивым процесс искрообразования. При этом повышается количество оборотов и увеличивается мощность двигателя.

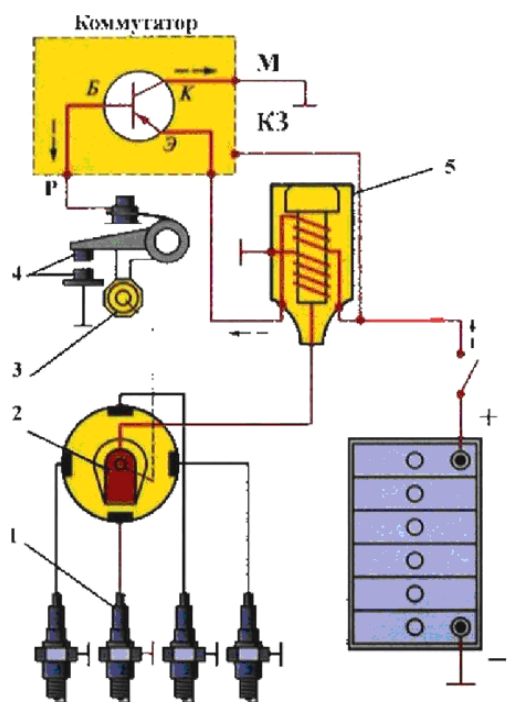


Рисунок 1 – Схема контактно-транзисторной системы зажигания: 1 – свеча зажигания; 2 – распределитель зажигания; 3 – прерыватель; 4 – контакты; 5 – катушка зажигания (бобина)

Однако контактно-транзисторная система требует использования катушки зажигания с отдельными обмотками (первичной и вторичной), а уменьшение управляющего тока из-за качества контактов сказывается на работе всей системы. Поэтому следующим шагом в развитии систем зажигания стала разработка бесконтактной транзисторной системы зажигания (рис.2). Ее основными преимуществами являются постоянный момент воспламенения и отсутствие износа контактов, что позволяет получать более высокое вторичное напряжение при ограниченной величине первичного тока, увеличивая оборотность двигателя.

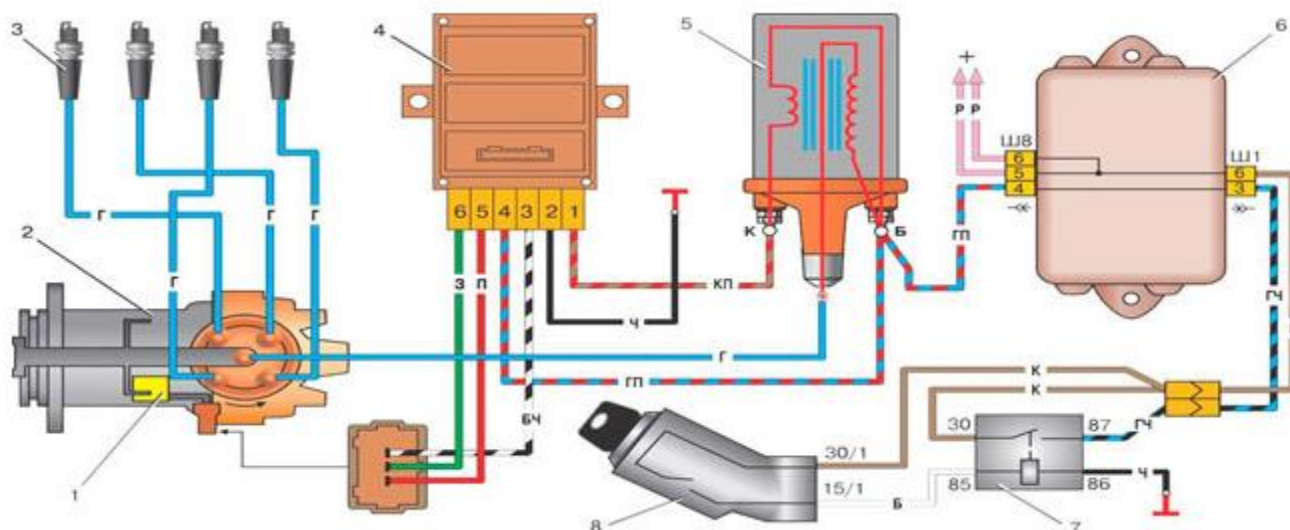


Рисунок 2 – Схема бесконтактно-транзисторной система зажигания: 1 – бесконтактный датчик импульсов; 2 – датчик-распределитель; 3 – свечи зажигания; 4 – коммутатор; 5 – катушка зажигания; 6 – монтажный блок; 7 – реле зажигания; 8 – выключатель зажигания

Датчик импульсов предназначен для создания электрических импульсов низкого напряжения, по конструкции различают датчик Холла, индуктивный и оптический датчики. Наибольшее применение в бесконтактной системе зажигания нашел датчик, использующий эффект Холла – возникновение поперечного напряжения в пластине проводника с током под действием магнитного поля. Он состоит из постоянного магнита, полупроводниковой пластины с микросхемой и стального экрана с прорезями.

Датчик импульсов конструктивно объединен с распределителем, образуя датчик-распределитель, который внешне подобен прерывателю-распределителю и имеет аналогичный привод от коленчатого вала двигателя. Транзисторный коммутатор служит для прерывания тока в цепи первичной обмотки катушки зажигания в соответствии с сигналами датчика импульсов. Прерывание тока осуществляется за счет открытия и запираания выходного транзистора.

При вращении коленчатого вала двигателя датчик-распределитель формирует импульсы напряжения и передает их на транзисторный коммутатор. Коммутатор создает импульсы тока в цепи первичной обмотки катушки зажигания. В момент прерывания тока индуцируется высокое напряжение во вторичной обмотке катушки зажигания. Ток высокого напряжения подается на

центральный контакт распределителя. В соответствии с порядком работы цилиндров двигателя ток высокого напряжения подается по проводам высокого напряжения на свечи зажигания, которые осуществляют воспламенение топливно-воздушной смеси.

Применение бесконтактной системы зажигания позволило повысить мощность двигателя, снизить расход топлива и выбросы вредных веществ за счет более высокого напряжения разряда (30 кВ) и, соответственно, более качественного сгорания топливно-воздушной смеси. Однако основной ее недостаток (низкая надежность коммутатора) так и не был устранен, эти устройства зачастую выходят из строя после нескольких тысяч километров пробега. Это потребовало дальнейшего совершенствования конструкции систем зажигания, а именно, внедрения в данный процесс электронных и микропроцессорных устройств.

В настоящее время на большинстве автомобилей используются системы зажигания четвертого поколения – это системы с электронно-вычислительными устройствами управления без высоковольтного распределителя энергии по свечам в выходном каскаде. Такие системы принято подразделять на *электронные* (ЭСЗ) и *микропроцессорные* (МСЗ). Электронные и микропроцессорные системы зажигания имеют следующие принципиальные отличия от применявшихся ранее:

1. Устройства управления электронных и микропроцессорных систем являются электронно-вычислительными блоками дискретного принципа действия, выполненными с применением микроэлектронной технологии (на универсальных или на больших интегральных микросхемах) и предназначенными для автоматического управления моментом зажигания. Эти устройства называются *контроллерами*.

2. Применение микроэлектронной технологии, помимо получения преимуществ по надежности, позволяет значительно расширить функции электронного управления. Стало возможным внедрение в автомобильную систему зажигания бортовой самодиагностики и принципов схмотехнического резервирования.

3. Выходные каскады таких систем в подавляющем большинстве случаев многоканальные и, как следствие, не содержат высоковольтного распределителя зажигания.

Электронные и микропроцессорные системы зажигания отличаются друг от друга способами формирования основного сигнала зажигания, который от ЭБУ подается на спусковое устройство накопителя.

В электронных системах основной сигнал зажигания формируется с применением время-импульсного способа преобразования информации от входных датчиков: контролируемый процесс задается временем его протекания, с последующим преобразованием времени в длительность электрического импульса. Таким образом, в ЭСЗ контроллер содержит электронный хронометр и управляется аналоговыми сигналами. Компонентный состав современной ЭСЗ показан на рис. 3.

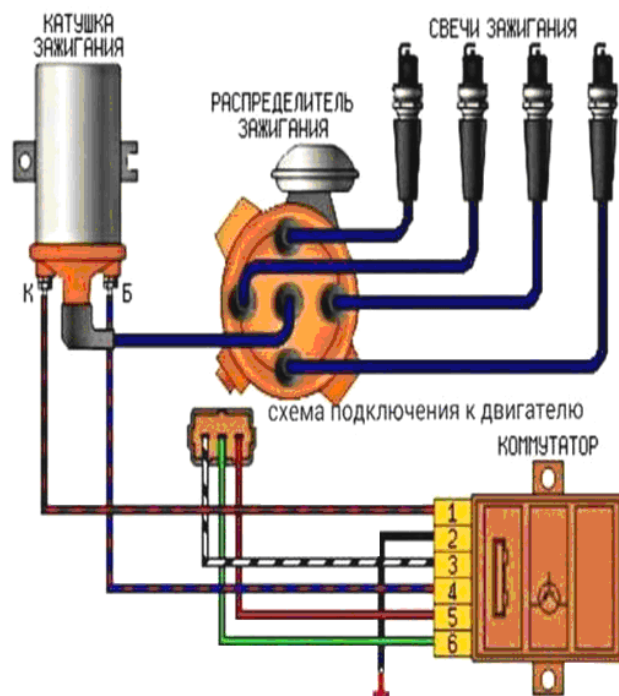


Рисунок 3 – Структура электронной системы зажигания

В микропроцессорных системах (рис. 2) для формирования сигнала зажигания применяется число-импульсное преобразование, при котором параметр процесса задается не временем протекания, а непосредственно числом электрических импульсов. Функции электронного вычислителя здесь выполняет число-импульсный микропроцессор, который работает от электрических импульсов, стабилизированных по амплитуде и длительности (от цифровых сигналов). Поэтому между микропроцессором и входными датчиками в ЭБУ микропроцессорной системы устанавливаются число-импульсные преобразователи аналоговых сигналов в цифровые (ЧИПы).

В отличие от электронной, микропроцессорная система зажигания работает по заранее заданной для данного двигателя внутреннего сгорания программе управления. Поэтому в вычислителе микропроцессорной системы зажигания имеется электронная память (постоянная и оперативная).

Электронные блоки управления для микропроцессорных и электронных систем, помимо функциональных и схемотехнических, имеют и принципиальные конструктивные различия. В ЭСЗ блок управления является самостоятельным конструктивным узлом (контроллером), на входы которого подаются сигналы от входных датчиков системы зажигания. Все электронные схемы контроллера низкоуровневые (потенциальные), что позволяет включать их в состав других бортовых электронных блоков управления (например, в ЭБУ системы впрыска топлива).

В микропроцессорных системах все функции управления интегрированы в центральный бортовой компьютер автомобиля и персональный блок управления для системы зажигания может отсутствовать. Функции входных датчиков МСЗ выполняют универсальные датчики комплексной системы автоматического управления двигателем. Основной сигнал зажигания подается на электронный

коммутатор выходного каскада МСЗ непосредственно от центрального бортового компьютера.

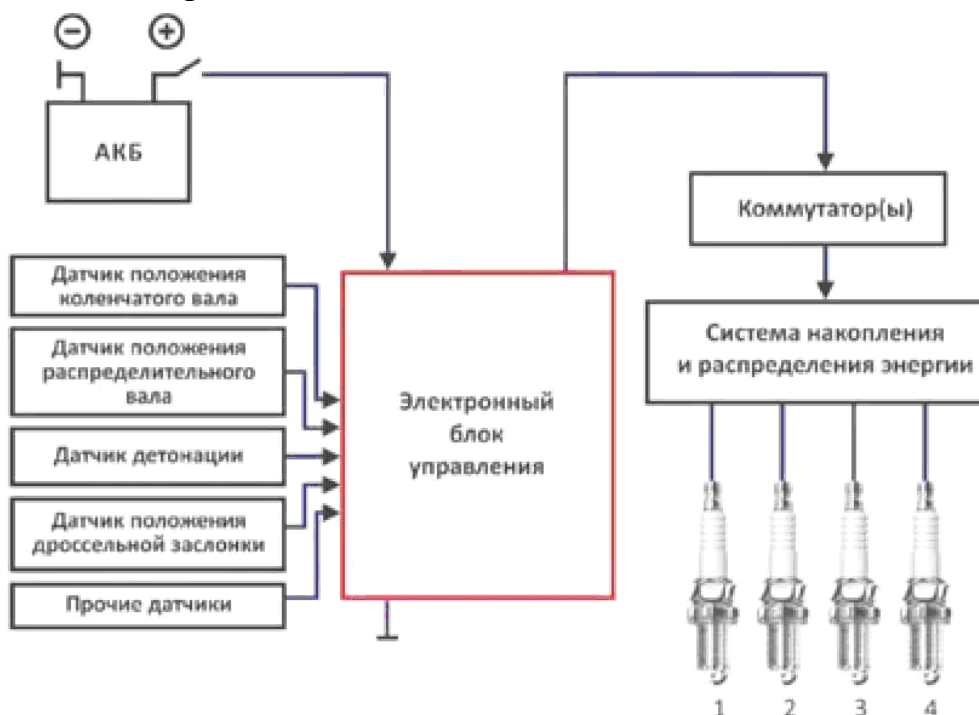


Рисунок 2 – Структура микропроцессорной системы зажигания

### Порядок выполнения работы:

1. Изобразить схему контактной транзисторной системы зажигания, описать принцип ее действия, назвать основные достоинства и недостатки.
2. Изобразить схему бесконтактной транзисторной системы зажигания, описать принцип ее действия, назвать основные достоинства и недостатки.
3. Назвать основные достоинства и недостатки бесконтактной транзисторной системы зажигания.
4. Описать способ проверки технического состояния, испытания и регулировки элементов бесконтактной системы зажигания.
5. Изобразить схему электронной системы зажигания и описать принцип ее действия.
6. Описать способ проверки технического состояния, испытания и регулировки элементов электронной системы зажигания.
7. Изобразить схему микропроцессорной системы зажигания и описать принцип ее действия.
8. Описать способ проверки технического состояния, испытания и регулировки элементов микропроцессорной системы зажигания.

### Контрольные вопросы:

1. Назначение систем зажигания и предъявляемые к ним требования.
2. Из каких этапов состоит рабочий процесс системы зажигания?
3. Объяснить характер изменения тока в первичной цепи для классической и бесконтактной систем зажигания.
4. Какие факторы определяют первичный ток системы зажигания?



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 ИСПЫТАНИЕ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ПУСКА

**Цель занятия:** изучить устройство и принцип действия современных приборов системы пуска, отработать практические навыки их проверки.

**Оборудование:** лабораторный стенд, набор реле и переключателей, плавкий предохранитель.

### Теоретическая часть

Система пуска двигателя внутреннего сгорания автомобиля осуществляет первичное вращение коленчатого вала, в результате чего происходит воспламенение топливно-воздушной смеси в цилиндрах и двигатель начинает работать самостоятельно. На современных автомобилях для проворачивания коленчатого вала двигателя 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, то есть такие, у которых обмотка возбуждения соединена последовательно с обмоткой якоря, чем и отличается такое соединение от генератора.

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.

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, рекомендован кратковременный режим работы стартеров с длительностью включения до 10 с при температуре 20 °С. Система электростартерного пуска двигателя (рис. 1) 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.

*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 включателя 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.

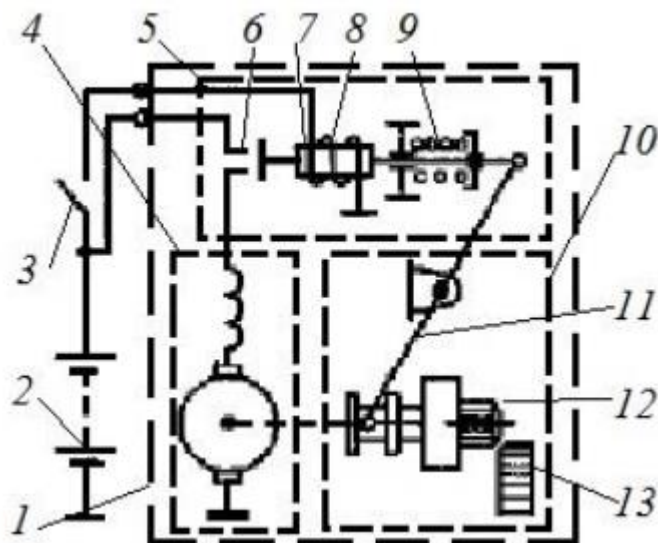


Рисунок 1 – Схема электростартерного пуска двигателя: 1 – стартер в сборе с элементами управления; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – выключатель; 4 – электродвигатель; 5 – тяговое реле; 6 – контактный диск; 7 – обмотка электромагнита; 8 – якорь, 9 – возвратная пружина; 10 – приводной механизм; 11 – рычаг;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

Типовой конструкцией стартера в виде цилиндрического корпуса можно считать стартер СТ-130А3 (рис. 2).

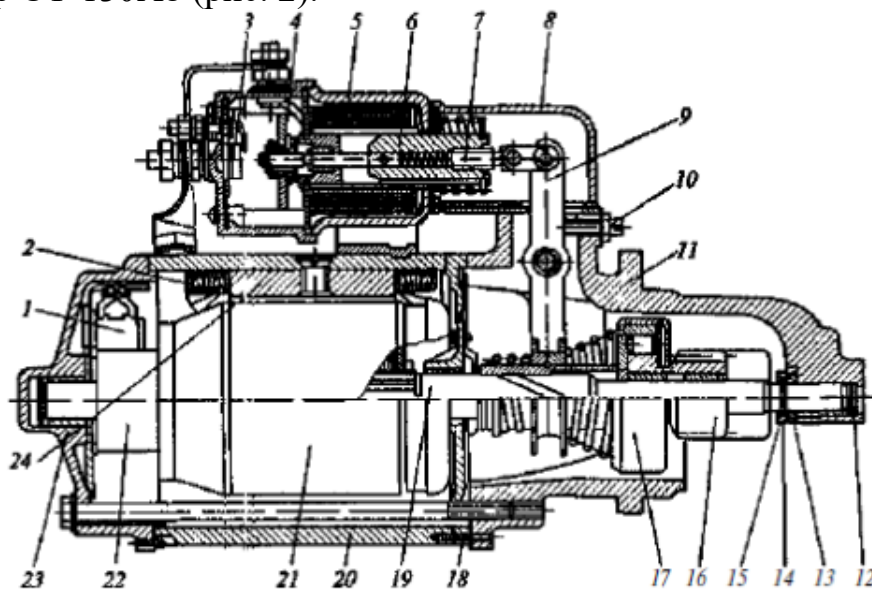


Рисунок 2 – Электростартер с радиально расположенными щетками: 1 – щетки; 2 – обмотка статора; 3 – контакты тягового реле; 4 – подвижный контакт; 5 – обмотки тягового электромагнита; 6 – якорь; 7 – тяга; 8 – кожух; 9 – рычаг; 10 – винт регулировки хода шестерни; 11 – крышка со стороны привода; 12 – фильц с заглушкой; 13 – втулка; 14 – замковая шайба; 15 – шайба

антифрикционная; 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. 2 – 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. 2 – левой) крышки стартера радиально расположены четыре щетки 1, укрепленные на изолированном щеткодержателе. Прижим щеток к ламелям коллектора обеспечивается щеточными пружинами.

### **Описание лабораторной установки**

Контрольно-испытательный стенд (рис. 3, а) предназначен для проверки генераторов, реле-регуляторов и стартеров. На стенде может производиться испытание генераторов мощностью до 500 Вт, испытание стартеров с максимальным крутящим моментом 45 Н·м, проверка работы и регулировка реле-регуляторов, а также проверка обмоток на обрыв и контроль их изоляции, измерение сопротивлений различных цепей и катушек в пределах 0...200 Ом. Привод генераторов на стенде осуществляется реверсивным однофазным коллекторным двигателем мощностью 1,4 кВт при 5 000 об/мин.

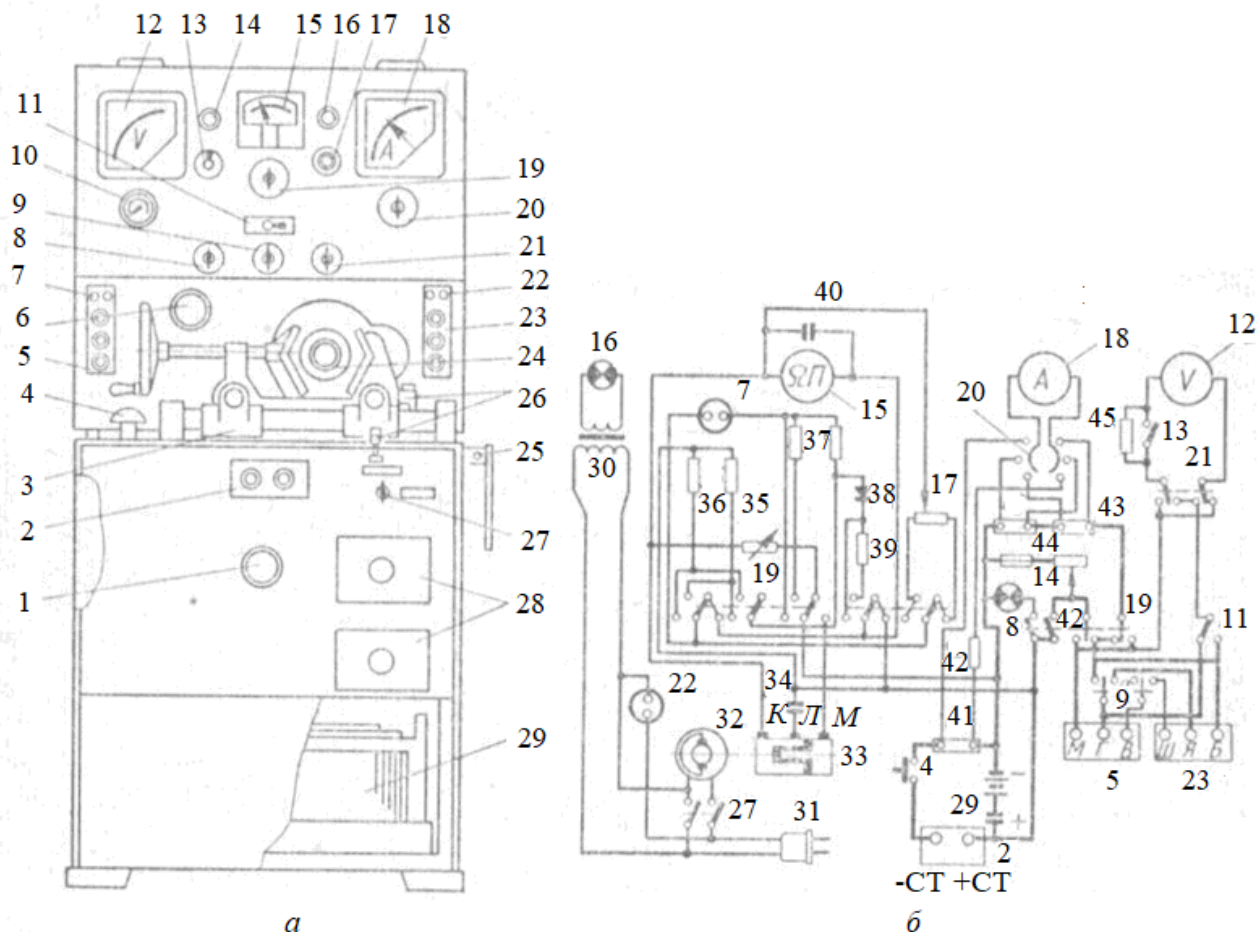


Рисунок 3 – Контрольно-испытательный стенд: *а* – общий вид; *б* – электрическая схема стенда; 1 – рукоятка управления скоростью и направлением вращения якоря электродвигателя; 2 – панель зажимов для подключения испытываемого стартера; 3 – зажимы для крепления испытываемых генераторов и стартеров; 4 – включатель стартера; 5 – панель зажимов для подключения испытываемого генератора; 6 – рукоятка реостата нагрузки генератора; 7 – розетка для подключения обмоток при проверке величины сопротивления; 8 – переключатель аккумуляторных батарей; 9 – переключатель реле-регулятора; 10 – указатель динамометра; 11 – переключатель реле обратного тока; 12 – вольтметр; 13 – переключатель вольтметра; 14 – сигнальная лампа в цепи аккумуляторных батарей; 15 – омметр-тахометр; 16 – сигнальная лампа в цепи электродвигателя; 17 – рукоятка реостата установки стрелки омметра на нуль; 18 – амперметр; 19 – переключатель омметра и включатель тахометра; 20 – переключатель амперметра; 21 – переключатель полярности массы; 22 – розетка для подключения испытываемых обмоток на обрыв и деталей на состояние изоляции; 23 – панель зажимов для подключения испытываемого реле-регулятора; 24 – соединительная муфта привода испытываемых генераторов; 25 – откидной столик для испытываемых реле-регуляторов; 26 – стопорные винты для фиксации крепления генератора или стартера в зажимном устройстве; 27 – включатель электродвигателя; 28 – ящики для хранения принадлежностей стенда; 29 – аккумуляторные батареи; 30 – трансформатор; 31 – вилка включения электродвигателя; 32 – электрический

двигатель; 33 - датчик тахометра; 34 и 40 – конденсаторы в цепи тахометра; 35 – переменное сопротивление; 36, 37, 39 и 45 – дополнительные сопротивления; 38 – полупроводниковый диод; 41, 42 и 43 – шунты к амперметру; 44 – предохранитель; СТ, К, Л, М, Г и В – зажимы

### **Порядок выполнения работы:**

#### *А. Испытание генератора*

1. Установить испытываемый генератор в зажимное устройство 3, а его якорь соединить с приводным валом при помощи сменной муфты.

2. Регулирование числа оборотов якоря генератора осуществлять рукояткой 1, через которую перемещаются щетки по коллектору якоря приводного электродвигателя.

3. Перестановкой ремня по ручью шкивов приводного вала и вала электродвигателя изменить скорость вращения приводного вала. Возможный диапазон изменения от 53 до 10 000 об/мин.

4. При каждом положении ремня скорость вращения приводного вала регистрировать тахометром 15.

5. Посредством вольтметра 12, амперметра 18, указателя 10 динамометра и переключателя (рис. 3, б) выполнить проверку реле-регулятора.

#### *Б. Испытание распределителя*

1. Проверяемый распределитель закрепить в зажиме 5 и соединить своим валом с зажимным патроном 15.

2. Низковольтный зажим испытуемого распределителя соединить проводом с зажимом 2 стенда, центральный высоковольтный – с зажимом 4, остальные высоковольтные зажимы – с разрядниками.

3. Установить искровой промежуток в разряднике в диапазоне от 0 до 12 мм с шагом в 2 мм.

4. Установить частоту вращения вала распределителя в диапазоне от 200 до 500 об/мин с шагом 100 об/мин.

5. Фиксировать процесс искрообразования, который должен быть бесперебойным при искровом промежутке до 12 мм.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите и объясните назначение основных элементов системы пуска.

2. Объясните принцип работы стартера и назовите его основные элементы.

3. Опишите назначение, устройство и работу приводного механизма.

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.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5**

### **ИСПЫТАНИЕ ЗАЩИТНОЙ И КОММУТАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ АВТОМОБИЛЯ**

**Цель занятия:** изучить существующие способы проверки защитной и коммутационной аппаратуры автомобилей, отработать практические навыки проверки основных защитных и коммутационных устройств.

**Оборудование:** лабораторный стенд, набор реле и переключателей, плавкий предохранитель.

#### **Теоретическая часть**

На современных легковых автомобилях установлено большое количество устройств защитной и коммутационной аппаратуры различного назначения. В первую очередь, это связано как с ростом числа потребителей электроэнергии – новых систем и устройств, улучшающих работу основных агрегатов автомобиля и повышающих безопасность и комфортабельность его движения, а также микропроцессорных систем управления узлами и агрегатами автомобиля. Кроме того, данные устройства необходимы для повышения надёжности и увеличение срока службы приборов электрооборудования (установка электровентиляторов системы охлаждения двигателя, реле разгрузки цепей включения стартера и выключателя зажигания, блоков реле, предохранителей и др.) [11].

От работоспособности устройств защитной и коммутационной аппаратуры зависит качество функционирования систем автомобиля, надёжность и лёгкость его управления. Отказ в работе ряда этих устройств приводит к неверной оценке водителем состояния систем автомобиля, режимов движения, что может привести к возникновению аварийных ситуаций на дороге. Неисправность других устройств вызывает отказ или нарушения работы узлов, а иногда может быть причиной выхода из строя важнейших агрегатов автомобиля.

Знание устройств защитной и коммутационной аппаратуры, их возможных неисправностей, способов проверки и ремонта поможет постоянно поддерживать агрегаты автомобиля в работоспособном состоянии, своевременно и быстро определять и устранять их неисправности.

Классификация защитной и коммутационной аппаратуры автомобилей представлена на рис. 1 и 2.

В настоящее время для испытания реле, предохранителей и переключателей проверяют их работоспособность, подключая к сигнальным лампам и источнику питания. Для этого необходимо собирать специальные схемы. Анализ способов проверки устройств защитной и коммутационной аппаратуры представлен табл. 1. Для испытания защитной и коммутационной аппаратуры используется стендовое оборудование, позволяющее проводить весь комплекс диагностических работ при небольших габаритах и потребляемой мощности.

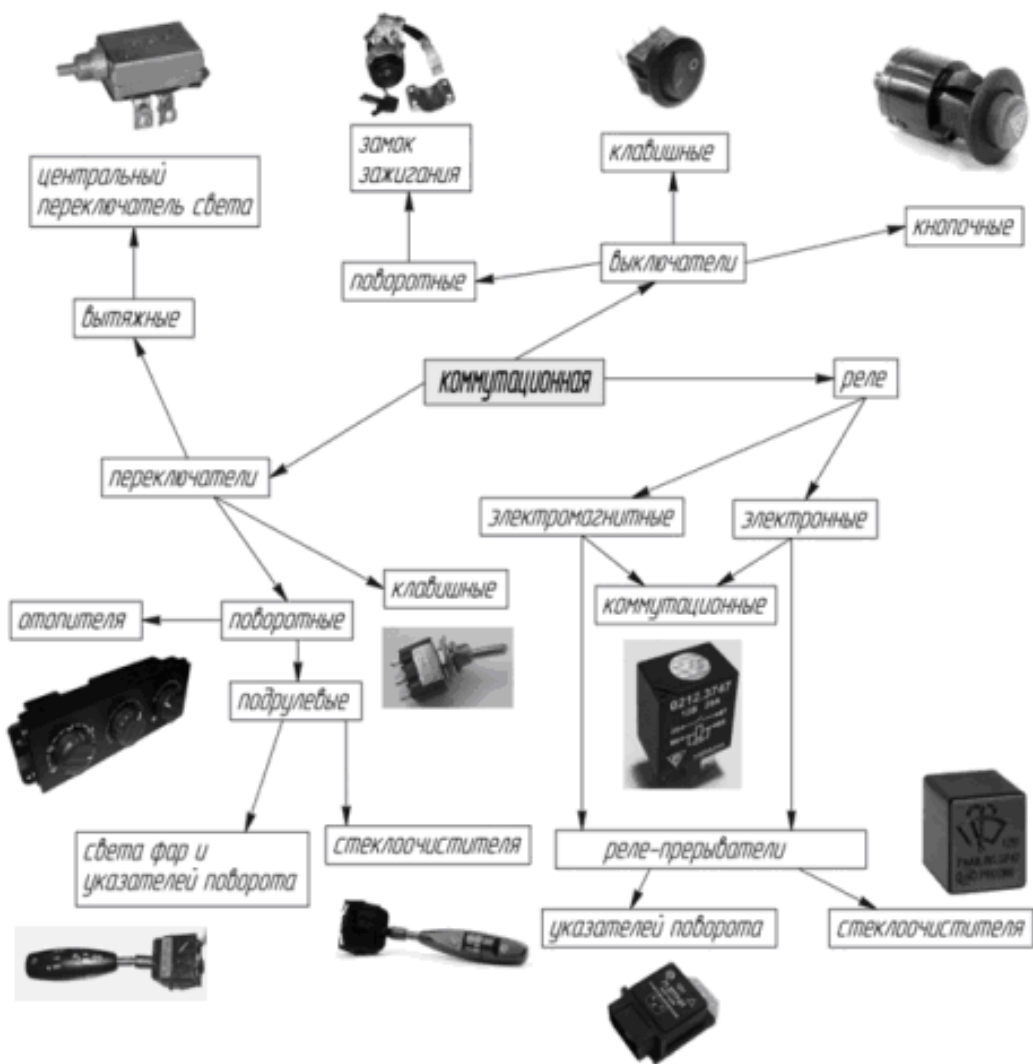


Рисунок 1 – Классификация коммутационной аппаратуры

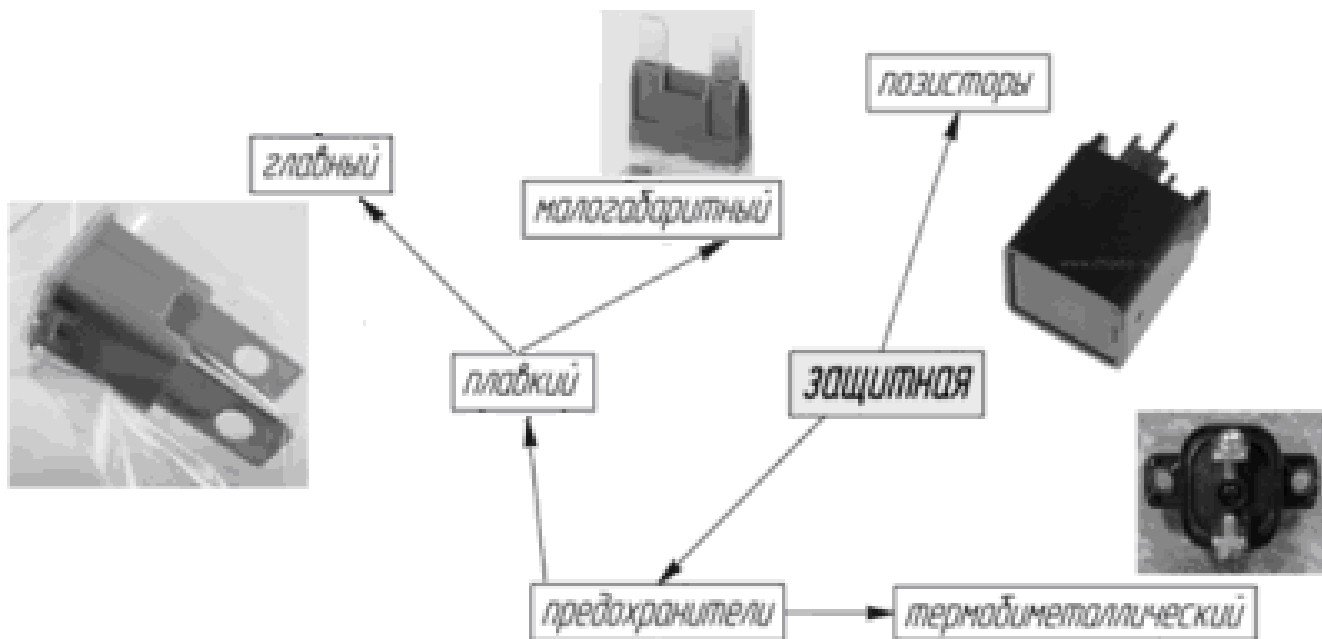


Рисунок 2 – Классификация защитной аппаратуры

Таблица 1 – Способы проверки защитной и коммутационной аппаратуры автомобилей

Проверяемый элемент	Способ проверки	Оборудование	Диагностируемые неисправности
<i>Коммутационное реле</i>	Определение напряжения срабатывания отпускания	Лампа, источник питания, регулятор	Незагоревшиеся сигнальные лампы говорят о спекании контактов или отказе электрических элементов; отклонение частоты зажигания нагрузочных ламп говорит о неправильной регулировке реле
<i>Реле-прерыватель указателя поворота</i>	Определение частоты зажигания нагрузочных ламп	Нагрузочные лампы, источник питания, переключатель	Незагоревшиеся сигнальные лампы говорят о спекании контактов или отказе электрических элементов; повышенный шум при работе означает неисправность контактной системы
<i>Реле-прерыватель стеклоочистителя</i>	Определение частоты зажигания нагрузочных ламп	Нагрузочные лампы, источник питания, переключатель	Незагоревшиеся сигнальные лампы говорят о спекании контактов или отказе электрических элементов
<i>Переключатель света фар</i>	Наблюдение зажигания нагрузочных ламп	Нагрузочные лампы, источник питания	Незагоревшиеся нагрузочные лампы
<i>Переключатель стеклоочистителя</i>	Наблюдение зажигания нагрузочных ламп	Нагрузочные лампы, источник питания	говорят об отказе переключателя
<i>Плавкий предохранитель</i>	Определение времени срабатывания	Нагрузочные лампы, источник питания, амперметр	несоответствие времени срабатывания предохранителя паспортным данным свидетельствует о его непригодности

### Описание лабораторной установки

Разработанный стенд состоит из следующих основных частей: корпуса, лицевой панели и передней панели, его общий вид показан на рис. 3. Несущей конструкцией стенда является корпус, изготовленный из листов ДСП. На корпусе закреплена траверса с подрулевыми переключателями. На лицевой панели стенда установлен монтажный блок, нагрузочные лампы и органы управления. На передней панели стенда закреплены тумблеры имитирующие неисправности коммутационной аппаратуры.

Стенд для испытания защитной и коммутационной аппаратуры автомобилей позволяет проверять соответствие диагностических параметров паспортным данным реле, предохранителей и переключателей, используемых на легковых отечественных автомобилях.



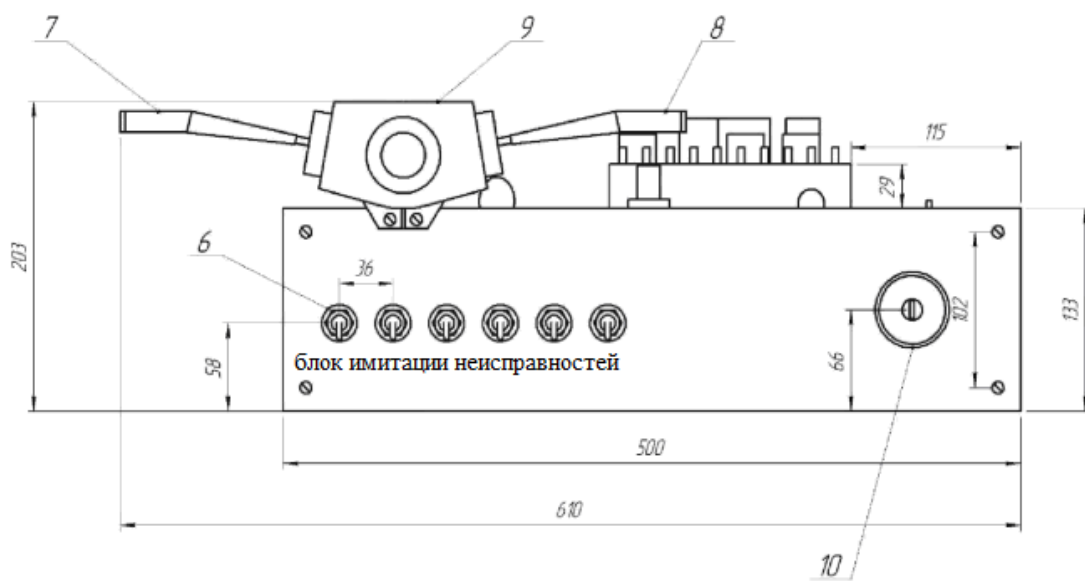
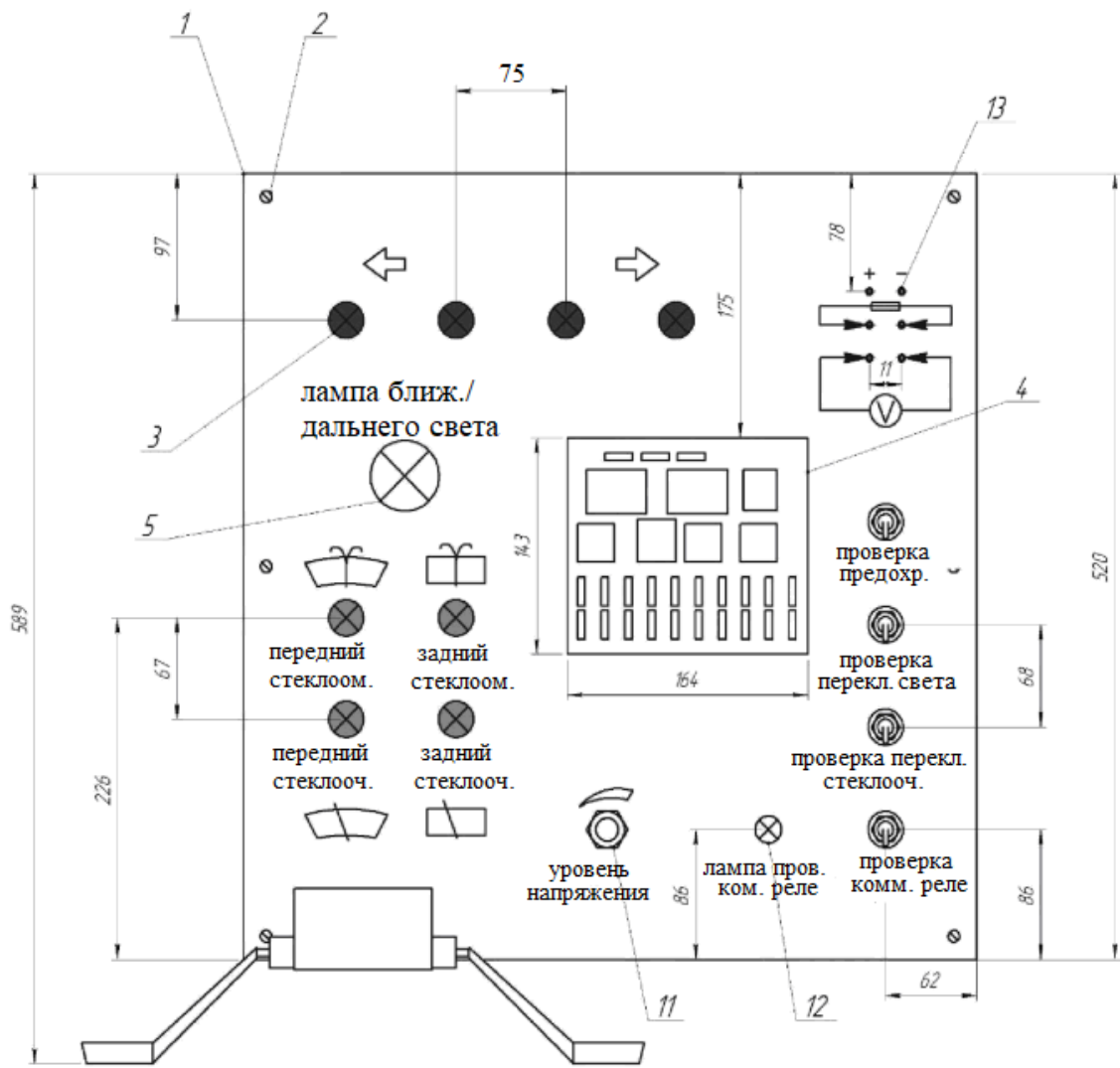


Рисунок 3 – Стенд для испытания защитной и коммутационной аппаратуры автомобилей

Стенд работает в следующих режимах: испытание коммутационного реле, испытание реле-прерывателя указателя поворота и переключателя света фар, испытание реле-прерывателя и переключателя стеклоочистителя, испытание плавкого предохранителя.

### **Порядок выполнения работы:**

#### *А. Испытание коммутационного реле*

1. Подключить источник питания к стенду, вставить испытуемое коммутационное реле в соответствующий разъем монтажного блока.

2. Перевести выключатель зажигания в положение «ON», ручку «уровень» установить в крайнее левое положение.

3. Подключить мультиметр к соответствующим клеммам стенда, перевести тумблер «SA1» в положение «Вкл».

4. При помощи ручки «уровень» плавно увеличивать напряжение на катушке до тех пор, пока не загорится лампа коммутационного реле, что фиксирует момент его срабатывания. По мультиметру записать величину напряжения, соответствующую срабатыванию реле, и записать ее.

5. Плавным вращением ручки «уровень» против часовой стрелки достичь момента отпускания реле, о котором сигнализирует погасание лампы. Записать величину напряжения отпускания.

6. По завершении испытания ручку «уровень» перевести в крайнее левое положение, тумблер «SA1» в положение «Выкл», а выключатель зажигания в положение «OFF».

#### *Б. Испытание реле-прерывателя указателя поворота и переключателя света фар*

1. Подключить источник питания к стенду.

2. Перевести выключатель зажигания в положение «ON», при этом загорается лампа ближнего света.

3. Перевести подрулевой переключатель в положение «дальний свет», при этом должна загореться лампа дальнего света.

4. При помощи переключателя осуществить кратковременный сигнал дальним светом, при этом лампа должна переключиться с ближнего на дальний свет.

5. Перевести переключатель в положение, соответствующее левому повороту, при этом лампы, соответствующие повороту налево должны мигать.

6. Определить частоту мигания ламп за одну минуту и записать показания в бланк практического занятия.

7. Аналогично провести проверку переключателя в положении «правый поворот».

8. В обратной последовательности выполнить пп. 1-4, отключив стенд.

#### *В. Испытание реле-прерывателя и переключателя стеклоочистителя*

1. Подключить источник питания к стенду.

2. Перевести выключатель зажигания в положение «ON», при этом загорается лампа ближнего света.

3. Перевести тумблер из «SA3» в положение «Вкл».

4. При помощи подрулевого переключателя произвести включение передних стеклоочистителей, при этом должна загореться соответствующая лампа.

5. Перевести подрулевой переключатель последовательно в положение заднего стеклоочистителя, а также переднего и заднего стеклоомывателя, при этом в положении задний стеклоочиститель соответствующая лампа должна гореть, а в положении передний и задний стеклоомыватель должны одновременно гореть две лампы, соответствующие стеклоочистителя и стеклоомывателю.

6. Выключение стенда произвести в обратной последовательности.

#### *Г. Испытание плавкого предохранителя*

1. Собрать схему, состоящую из последовательного соединения амперметра (30 А), нагрузочного реостата и источника питания.

2. Подключить собранную схему к соответствующим клеммам стенда.

3. Установить предохранитель номиналом 30 А в гнездо «F1» монтажного блока, включить цепь при помощи тумблера «SA4».

4. При помощи реостата установить силу тока в цепи предохранителя 10 А, выключить цепь при помощи тумблера «SA4».

5. Заменить предохранитель номиналом 30 А на предохранитель номиналом 10 А, включить тумблер «SA4».

6. Одновременно при помощи секундомера засечь время перегорания предохранителя. Если время превысит 600 секунд – эксперимент остановить.

7. Аналогично провести испытания предохранителя номиналом 10 А при силе тока в цепи 15 А и 20 А, записать показания секундомера.

8. Выключение стенда произвести в обратной последовательности.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Приведите классификацию устройств коммутационной аппаратуры, назовите область их применения в современном автомобиле.

2. Приведите классификацию устройств защитной аппаратуры, назовите область их применения в современном автомобиле.

3. Опишите назначение коммутационного реле и порядок проведения его испытания.

4. Опишите назначение реле-прерывателя указателя поворота и порядок проведения его испытания.

5. Опишите назначение переключателя стеклоочистителя и порядок проведения его испытания.

6. Опишите назначение плавкого предохранителя и порядок проведения его испытания.

### РАЗДЕЛ 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по теоретическому материалу, проработку и анализ дополнительной литературы, самоконтроль знаний по отдельным темам курса с помощью контрольных вопросов и заданий.

#### Темы для самостоятельной проработки и вопросы для самоконтроля

№ п/п	Тема	Контрольные вопросы
1	2	3
1.	Введение	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация электрооборудования автомобиля.</li> <li>2. Номинальные параметры</li> <li>3. Основные технические требования к электрооборудованию</li> <li>4. Условные обозначения изделий электрооборудования</li> </ol>
2.	Аккумуляторные батареи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физико-химические процессы в аккумуляторных батареях при зарядке (разрядке)</li> <li>2. Способы определения емкости аккумуляторной батареи</li> <li>3. Маркировка аккумуляторных батарей</li> <li>4. Способы зарядки аккумуляторных батарей</li> <li>5. Типы стартерных аккумуляторных батарей</li> <li>6. Конструктивные особенности необслуживаемых аккумуляторных батарей</li> <li>7. Саморазряд аккумуляторных батарей</li> <li>8. Эксплуатация аккумуляторных батарей при высоких (низких) температурах</li> </ol>
3.	Генераторные установки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принцип действия генераторных установок постоянного и переменного тока</li> <li>2. Электрические схемы генераторных установок</li> <li>3. Характеристики генераторных установок</li> <li>4. Конструкции генераторов переменного тока</li> <li>5. Требования к генераторным установкам</li> <li>6. Преимущества и недостатки генераторов переменного тока</li> <li>7. Принципы действия регуляторов напряжения</li> </ol>
4.	Электро-стартеры	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эволюция систем электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС)</li> </ol>

1	2	3
		2. Принцип работы электромеханического стартера 3. Современные конструкции стартеров 4. Конструкции тяговых электромагнитных реле 5. Характеристики электростартеров 6. Электрические схемы электростартерного пуска 7. Технические требования к электростартерам
5.	Устройства для облегчения пуска двигателя при низких температурах.	1. Предпусковые подогреватели 2. Свечи накаливания, подогрева и электрофакельные подогреватели воздуха 3. Электрические подогреватели 4. Устройства для подачи пусковой жидкости
6.	Системы зажигания	1. Эволюция систем электроискрового зажигания 2. Рабочий процесс батарейной системы зажигания 3. Автоматическое регулирование угла опережения зажигания 4. Элементы систем зажигания и их характеристики 5. Технические требования к системам зажигания 6. Диагностика систем зажигания 7. Применяемость элементов систем зажигания 8. Свечи зажигания и высоковольтные провода
7.	Электронные системы автоматического управления агрегатами автомобиля	1. Основные принципы электронного управления ДВС 2. Системы автоматического управления ЭПХХ 3. Системы подачи топлива с электронным управлением 4. Комплексные системы управления ДВС 5. Классификация ЭСУ агрегатами автомобиля 6. Датчики ЭСУ агрегатами автомобиля

*Допуском к сдаче зачета является выполнение и успешная защита самостоятельной контрольной работы по дисциплине.*

### **Методические указания к выполнению самостоятельной контрольной работы**

Цель контрольной работы – систематизация и закрепление знаний области конструкций, монтажа и эксплуатации микропроцессорного и электронного оборудования автомобилей.

формирование у студентов навыков по проектированию политики управления предприятием, приобретение опыта продвижения пищевых продуктов на потребительском рынке.

Контрольная работа должна иметь следующую структуру:

- титульный лист (приложение 1);
- содержание;

- введение;
- основная часть;
- заключение;
- библиографический список;
- приложения.

### **Требования к оформлению**

Контрольная работа должен быть отпечатана на одной стороне стандартного листа А4. Текст следует печатать через полтора интервала, соблюдая следующие размеры полей: левое –30 мм, правое –10 мм, верхнее –15 мм, нижнее –20 мм. Шрифт TimesNewRoman 14.

Страницы контрольной работы нумеруются арабскими цифрами. Титульный лист включается в общую нумерацию работы. Номер страницы проставляется в правом углу верхнего поля листа. На титульном листе и оглавлении номер страницы не ставится.

Объем контрольной работы должен составлять не менее 25 страниц рукописного текста (формат А4). **Контрольная работа сопровождается презентацией (не менее 15 слайдов, не считая титульного и заключительного).**

Титульный лист контрольной работы оформляется в соответствии с **приложением** и подписывается обучающимся и преподавателем.

В структуру контрольной работы необходимо включить:

1. Оглавление с указанием названий параграфов (пунктов, глав и т. п). Кроме этого в оглавлении включают структурные компоненты: введение, заключение и список использованных источников. Введению, заключению, источникам информации номера не присваиваются.

2. Введение, которое является третьей страницей контрольной работы. Введение должно содержать следующую информацию:

- обоснование актуальности темы;
- цель контрольной работы;
- задачи контрольной работы;

Введение не следует перегружать общими рассуждениями, в данном разделе должны содержаться те сведения, которые относятся к теме работы.

2. Основной текст, включающий теоретическое исследование вопроса и практические рекомендации.

3. Библиографическое описание изученных источников (**не менее 15**) в соответствии с требованиями ГОСТа.

При оформлении заголовков работы следует учитывать следующие требования:

- заголовки разделов печатаются в центре симметрично тексту жирными заглавными буквами. Переносы слов в заголовках не допускаются и точка в конце не ставится;

- расстояние между текстом и заголовком должно составлять 1 интервал

– заголовки введения, разделов, заключения, списка литературы начинаются с нового листа, заголовки подразделов – на том же листе, где заканчивается предыдущий подраздел. Заголовки подразделов выделяются жирным шрифтом, нумеруются арабскими цифрами, через точку в порядке раздела (напр. пункт 2.1.).

В качестве источников могут быть использованы учебники, учебные пособия, статьи в специальных изданиях, научные публикации, материалы ИНТЕРНЕТ. Все используемые источники тщательно прорабатываются и конспектируются студентом в соответствии с указанным вариантом работы.

**ВНИМАНИЕ!** *Контрольные работы, представляющие собой копии ресурсов ИНТЕРНЕТ или полностью заимствованные из литературных источников без ссылки на источник, не рассматриваются и возвращаются на доработку.*

Окончательно оформленную работу необходимо предоставить для проверки и оценивания не позднее, чем за неделю до официально установленного срока сдачи зачета. Успешно сданная работа является **допуском к сдаче зачета.**

#### ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

1. Общие требования к автомобильному электронному оборудованию автомобилей
2. Обзор электронных и микропроцессорных системах автомобиля
3. Назначение и условия эксплуатации аккумуляторных батарей автомобилей
4. Микропроцессорные системы зажигания и принцип их работы
5. Системы управления двигателем и перспективы их развития
6. Электронные системы впрыскивания бензина
7. Микропроцессорные системы управления бензиновым двигателем
8. Электронные тормозные системы автомобилей и перспективы их развития
9. Бортовые компьютеры автомобилей и перспективы их развития
10. Бортовые системы контроля и перспективы их развития
11. Электропневматическая тормозная система автомобиля
12. Электрогидравлическая тормозная система автомобиля
13. Контрольно-измерительные панели приборов технического состояния автомобиля и перспективы их развития
14. Автомобильные бортовые информационные системы автомобиля и перспективы их развития
15. Функции аварийного сигнализатора
16. Применение интеллектуальных технологий в конструкции и технической эксплуатации автомобилей
17. Совершенствование методов и алгоритмов бортовых систем диагностирования

18. Влияние электронного и микропроцессорного оборудования автомобиля на его эксплуатационные свойства
19. Влияние электронного и микропроцессорного оборудования на повышение комфортабельности и безопасности автомобиля
20. Отказ в работе электрических и электронных систем автомобиля как причина ДТП
21. Системы сигнализации автомобилей и перспективы их развития
22. Автоматическая блокировка дверей
23. Автоматическое управление стеклоочистителей

### **Вопросы к зачету по дисциплине «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей»**

1. Тенденции развития автомобильного бортового электрического и электронного оборудования.
2. Перспективы развития электрического и электронного оборудования.
3. Развитие и совершенствование автотронных систем.
4. Автотронная система управления курсовой устойчивостью движения автомобиля.
5. Автотронное управление насос-форсунками системы впрыска топлива.
6. Перспективы развития автомобильных бортовых устройств.
7. Совершенствование электроснабжения автомобильных электронных систем.
8. Современная микропроцессорная система зажигания с низкоуровневым многоканальным распределением энергии по свечам.
9. Назначение и структурная схема электрооборудования.
10. Источники тока, их назначение и принцип действия.
11. Эксплуатация генераторов и их основные неисправности.
12. Технические и электрические характеристики генераторов.
13. Генераторы с дополнительными выпрямителями для обмотки возбуждения.
14. Регулирование напряжения генератора.
15. Аккумуляторные батареи, общие сведения.
16. Конструкция и основные характеристики стартерных аккумуляторных батарей.
17. Техническое обслуживание и основные неисправности стартерных аккумуляторных батарей.
18. Реле-регуляторы и регуляторы напряжения.
19. Неисправности, техническое обслуживание и ремонт регуляторов напряжения.
20. Особенности технического обслуживания и диагностики системы электроснабжения.
21. Измерение параметров рабочих процессов.
22. Получение информации о температуре.



23. Контроль уровня топлива в баке.
24. Контроль функционирования системы электроснабжения.
25. Измерение скорости автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя.
26. Датчики расхода жидкости и газа (объемного и массового расхода, датчик Кармана), их конструкция и принцип действия.
27. Контактные и бесконтактные датчики угловых и линейных перемещений и положений, их конструкция и принцип действия.
28. Датчики температуры (термисторы, термопары и др.), их конструкция и принцип действия.
29. Датчики влажности, их конструкция и принцип действия.
30. Датчики состава выхлопных газов (циркониевые, титановые, газоанализаторы), их конструкция и принцип действия.
31. Стартер, его назначение и функциональные особенности.
32. Конструкции стартеров.
33. Муфты свободного хода, назначение и принцип действия.
34. Особенности технического обслуживания и диагностики электростартеров.
35. Общая структура системы зажигания, прерыватели-распределители.
36. Коммутаторы и контроллеры, их назначение и принцип действия.
37. Катушки и свечи зажигания, их классификация и принцип действия.
38. Система зажигания с электронным распределением высокого напряжения.
39. Антиблокировочная тормозная система автомобиля.
40. Карбюратор, его назначение. Управление карбюратором.
41. Функции электронных систем управления двигателем.
42. Управление впрыском топлива в бензиновых двигателях.
43. Управление топливоподачей дизелей.
44. Информационное обеспечение микропроцессорных систем управления двигателем.
45. Противобуксовочная система автомобиля, ее конструкция и принцип действия.
46. Система управления курсовой устойчивостью автомобиля.
47. Система автоматического управления трансмиссией автомобиля.
48. Система автоматического управления подвеской автомобиля.
49. Электронные противоугонные системы автомобиля.
50. Системы бортовой самодиагностики автомобиля.
51. Климат-контроль и круиз-контроль, их функции и особенности работы.
52. Бортовой компьютер, его назначение и основные узлы.
53. Общие сведения об автомобильных мультимедийных системах.
54. Локальные вычислительные сети, их назначение и основы функционирования.
55. Эталонные модели взаимодействия систем, протоколы компьютерных сетей.

56. Физическая передающая среда в локальных вычислительных сетях.
57. Основные топологии локальных вычислительных сетей.
58. Методы доступа к передающей среде в локальных вычислительных сетях.
59. Временное и частотное уплотнение сигналов в мультиплексной системе.
60. Примеры автомобильных мультиплексных систем.
61. Функциональный преобразователь, его назначение и принцип действия.
62. Лингвистические преобразователи, их классификация и принцип действия.
63. Использование нечеткой логики управления.
64. Системы распознавания голоса и преобразования текста в речь.
65. Бортовые средства отображения информации.
66. Общие сведения о навигационных системах автомобиля.
67. Функции, структура и компоненты навигационной системы
68. Датчики азимута, их конструкция и принцип действия.
69. Датчики скорости вращения колес, их конструкция и принцип действия.
70. Гироскопы, их принцип действия и назначение.
71. Спутниковая позиционирующая система GPS.
72. Приборы автомобильных навигационных систем.
73. Электронные противобулавочные системы.
74. Электроника в управлении вспомогательным оборудованием.
75. Общие сведения о светотехническом оборудовании автомобиля.
76. Приборы наружного освещения, их классификация и назначение.
77. Светосигнальные приборы, их классификация и назначение.
78. Прерыватели указателей поворота, их классификация и назначение.
79. Особенности технического обслуживания и диагностики светотехнических приборов, световой и звуковой сигнализации.
80. Протоколы CAN для мультиплексных систем.
81. Системы управления устойчивостью автомобиля.
82. Электромагнитный привод газораспределительных клапанов ДВС.
83. Общие сведения об электромобилях, их достоинства и недостатки.
84. Электродвигатели и приводные системы электромобиля.
85. Электрические системы электромобиля.
86. Компоненты современного электромобиля.
87. Эксплуатационные характеристики электромобилей.
88. Общие сведения о гибридных технологиях
89. Схемы гибридных электромобилей.
90. Зарядные и защитные устройства электромобилей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей – прикладная техническая дисциплина, изучаемая студентами очной и заочной форм магистратуры направления подготовки 44.04.04 «Профессиональное обучение (по отраслям). Транспорт» на первом году обучения. Используя в качестве базиса курс электротехники и основ электроники, данная дисциплина изучает устройство и принцип действия электронных систем автомобиля.

В современном автомобиле механические характеристики рабочих параметров его узлов и деталей преобразуются в электрические сигналы. Понимание физико-технических основ работы электронных устройств автомобиля позволяет не только получать информацию о состоянии отдельных его систем, но и оперативно производить диагностику в случае выявления неполадок. На данный момент стоимость электронного и микропроцессорного оборудования составляет порядка 20% стоимости автомобиля и следует ожидать роста этой доли в будущем.

Качественное усвоение материала курса «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей» крайне важно в контексте подготовки конкурентоспособного выпускника транспортной сферы. Качественная эксплуатация автомобиля и преподавание основ его конструкции возможно только при условии системных знаний в области построения и функционирования электронных систем.

В данном пособии авторы преследуют цель полного методического обеспечения дисциплины «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей». В пособии в полном объеме представлен теоретический материал по всем темам раздела, практический блок призван помочь студентам в работе на практических занятиях и подготовке к ним, также приведены задания к самостоятельной работе и алгоритм их выполнения.

Авторы надеются, что использование данного пособия в учебном процессе не только повысит качество освоения магистрантами дисциплины «Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей», но и поможет им в дальнейшей профессиональной деятельности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко О.Л. Электронные системы автомобилей : учебное пособие / О.Л. Коваленко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. – 80 с.
2. 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.
3. Волков В.С. Светотехническое и приборное оборудование транспортных машин : учебное пособие / В.С. Волков, В.И. Богданов. – Воронеж : Изд-во Воронежской ГЛТА, 2004. – 88 с.
4. Звонкин Ю.З. Современный автомобиль и электронное управление : учебное пособие / Ю.З. Звонкин. – Ярославль : Изд-во Ярославского ГТУ, 2006. – 250 с.
5. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания: Учебное пособие / Ф.И. Пинский, Р.И. Давтян, Б.Я. Черняк. – М. : Легион-Автодата, 2004. – 136 с.
6. Набоких В.А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов : учебное пособие / В.А. Набоких. – М. : ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 288 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей : Учебник для студентов вузов / В.Е. Ютт. – 4-е изд. – М. : Горячая линия-Телеком, 2006. – 440 с.
11. Пузаков А.В. Лабораторный стенд для изучения защитной и коммутационной аппаратуры автомобилей // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 2016. – С. 282–289.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО**

Институт торговли, обслуживающих технологий и туризма

Кафедра технологий производства и профессионального образования

**КОНТРОЛЬНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА  
по дисциплине  
Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей**

**ТЕМА:**

---

Выполнил:  
магистрант 1 курса,  
Направление подготовки:  
44.03.04 «Профессиональное обучение  
(по отраслям). Транспорт»

---

Проверил:

---

Оценка:

---

Луганск, 20\_\_

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

Учебное издание

**КАЛАЙДО Александр Витальевич  
СЕРДЮКОВА Елена Яковлевна**

# **Электронное и микропроцессорное оборудование автомобилей**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подп. в печать 26.06.2019 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсет. Гарнитура Times New Roman  
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 6,51.  
Тираж 100 экз. Зак. № 57.

*Издатель*

**ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко»  
«Книга»  
ул. Оборонная, 2, г. Луганск, 91011. Т/ф: (0642) 58-03-20.  
e-mail: knitaizd@mail.ru**