

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Электронные системы управления мобильными машинами

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»**

**Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1</b>	<b>Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-1 Проверка технического состояния аккумуляторной батареи и генератора переменного тока.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-2 Проверка технического состояния приборов и аппаратов электронной системы зажигания.....</b>	<b>99</b>
<b>1.11</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-11 Проверка технического состояния приборов и аппаратов электронной системы зажигания.....</b>	<b>108</b>
<b>1.12</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-12 Проверка технического состояния приборов и аппаратов электронной системы зажигания.....</b>	<b>114</b>
<b>1.13</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-13 Проверка технического состояния карбюраторного двигателя сканером АД-9000.....</b>	<b>120</b>
<b>1.14</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-14 Проверка технического состояния карбюраторного двигателя сканером АД-9000.....</b>	<b>124</b>
<b>1.15</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-15 Проверка технического состояния дизельного двигателя сканером АД-9000.....</b>	<b>129</b>
<b>1.16</b>	<b>Лабораторная работа № ЛР-16 Проверка технического состояния дизельного двигателя сканером АД-9000.....</b>	<b>137</b>
<b>2</b>	<b>Методические материалы по проведению практических занятий.....</b>	<b>142</b>
<b>2.1</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-1 Изучить устройство аккумуляторной батареи и генераторов, их маркировку.....</b>	<b>142</b>
<b>2.2</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-2 Изучить устройство реле-регуляторов и их маркировку.....</b>	<b>159</b>
<b>2.3</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-3 Изучить устройство электростартеров и их маркировку.....</b>	<b>174</b>
<b>2.4</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-4 Изучить устройство систем зажигания от магнето.....</b>	<b>184</b>
<b>2.5</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-5 Изучить устройство батарейной системы зажигания.....</b>	<b>191</b>
<b>2.6</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-6 Изучить устройство контактно-транзисторной системы зажигания.....</b>	<b>198</b>
<b>2.7</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-7 Изучить схему электрооборудования отечественного автомобиля.....</b>	<b>203</b>
<b>2.8</b>	<b>Практическое занятие № ПЗ-8 Изучить схему электрооборудования импортного автомобиля.....</b>	<b>209</b>

### 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

#### **1.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).**

**Тема:** «Проверка технического состояния аккумуляторной батареи»

**1.1.1 Цель работы:** Изучение конструкции стартерных аккумуляторных батарей, их техническая характеристика, способы проверки аккумуляторных батарей и методы их зарядки.

#### **1.1.2 Задачи работы:**

1. Определение эксплуатационной массы трактора для обеспечения его тягово-сцепные качества в заданных условиях эксплуатации.

2. Определения номинальной мощности двигателя из условия равномерного движения на горизонтальном поле с номинальной силой тяги на крюке и действительной скоростью движения в определенных почвенных условиях при допустимом буксовании.

### **1.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:

- методическое указание к лабораторной работе;
- справочные материалы;
- работоспособный аккумуляторная батарея с электролитом, натурные аккумуляторные батареи, денсиметр, стеклянная трубка, нагрузочная вилка, термометр, мерная посуда, резиновая груша, зарядное устройство.

### **1.1.4 Описание (ход) работы:**

Аккумуляторная батарея обеспечивает электроснабжение электростартера при пуске двигателя, а также электроснабжение других потребителей электроэнергии на автомобиле и тракторе при неработающем генераторе или его недостаточной мощности. Во втором случае аккумуляторная батарея работает параллельно с генератором. Основным потребителем энергии аккумуляторной батареи является электростартер. Работа в стартерном режиме определяет тип и конструкцию аккумуляторных батарей и выделяет их в особый класс стартерных батарей.

На автомобилях и тракторах в качестве стартерных применяются свинцовые аккумуляторные батареи. По конструктивно функциональному признаку различают батареи:

- обычной конструкции – в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементными перемычками над крышками;
- в моноблоке с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой;
- необслуживаемые\* – с общей крышкой, не требующие технического обслуживания в эксплуатации.

Работая параллельно с генераторной установкой, аккумуляторная батарея устраняет перегрузки генератора и перенапряжения в системе электрооборудования. После разряда на электростартер и другие потребители электроэнергии аккумуляторная батарея подзарядается от генераторной установки с определенным уровнем регулируемого напряжения. Генератор должен восполнить энергию, отданную батареей при разряде. Чередование режимов разряда и заряда (циклирование) – одна из характерных особенностей работы аккумуляторных батарей на автомобилях и тракторах.

Аккумуляторная батарея является не только элементом систем электроснабжения и электростартерного пуска, но и составной частью других систем в электрооборудовании.

Условия, в которых работает аккумуляторная батарея, зависят от типа, назначения и климатической зоны эксплуатации, а также от места ее установки на автомобиле и тракторе. На эксплуатационную надежность и срок службы батареи влияют температура окружающей среды, уровень вибрации и тряски, периодичность, объем и качество технического обслуживания, параметры стартерного разряда, сила токов и продолжительность разряда и заряда при циклировании, уровень надежности и исправности электрооборудования, продолжительность работы и перерывов в эксплуатации. Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от 40 до 60С (аккумуляторные батареи группы I) и от 50 до 60С (батареи группы II). При этом рабочая температура электролита должна быть не выше 50С. При повышении температуры электролита батареи разрушаются электроды, ускоряется сульфитация. Для уменьшения химической активности электролита его плотность в жарких и теплых влажных климатических районах понижают до 1,25–1,27 г/см<sup>3</sup>. Рост температуры вызывает интенсивное испарение воды из электролита. Под действием солнечных лучей и высокой температуры

в батареях обычной конструкции уменьшается прочность эбонитовых моноблоков, крышек и герметизирующей мастики.

При низких температурах герметизирующая мастика теряет эластичность, растрескивается и отслаивается от поверхности крышек и моноблоков. Моноблоки, крышки и пробки становятся хрупкими. При таянии снега на поверхности батареи образуется влага. Лед на поверхности пробок может закрыть вентиляционные отверстия. При недостаточной плотности электролита и значительной разряженности батареи возможно замерзание электролита. Поэтому батареи, эксплуатируемые при низких температурах, рекомендуется заполнять электролитом большей плотности (1,29–1,31 г/см<sup>3</sup>) и содержать в заряженном состоянии.

Низкие температуры значительно ухудшают условия заряда аккумуляторных батарей. Уже при температуре 10 °C разряженная на 50 % батарея может быть заряжена только на 60–65 % номинальной емкости. В условиях зимней эксплуатации увеличивается число включенных потребителей. Резко возрастает сила тока, потребляемого электростартером.

Все это затрудняет обеспечение положительного зарядного баланса батареи на автомобиле. При температуре ниже 10 °C для поддержания батареи в заряженном состоянии необходимо повышать регулируемое напряжение генераторной установки трактора. Зарядное напряжение должно соответствовать значению, указанному в техническом описании и инструкции по эксплуатации трактора. Максимальное регулируемое напряжение генераторной установки не должно превышать 15,5 и 31,0 В соответственно для 12 и 24 вольтных систем электрооборудования. Высокая механическая прочность, достаточный срок службы, необходимая емкость при небольших размерах и массе, работоспособность в широком диапазоне температур и значений силы разрядного тока, небольшие потери энергии при длительном бездействии, минимальное внутреннее сопротивление и внутреннее падение напряжения при большой силе тока разряда в стартерном режиме – это не полный перечень требований к стартерным аккумуляторным батареям на тракторе. Аккумуляторные батареи должны выдерживать кратковременные разряды стартерными токами большой силы без разрушения электродов и ухудшения характеристик при дальнейшей эксплуатации, а также иметь достаточный запас энергии для питания потребителей в случае выхода из строя генераторной установки и для других нужд, возникающих в аварийных ситуациях.

К аккумуляторным батареям на тракторах должен быть обеспечен свободный доступ для осмотра и технического обслуживания. Аккумуляторные батареи размещают ближе к стартеру с целью уменьшения длины стартерного провода и падения напряжения на нем. Массовый провод батареи крепят к двигателю или жесткой раме.

Уровень вибрации в местах установки аккумуляторных батарей не должен превышать 1,5g (ускорение 14,7 м/с<sup>2</sup>) в диапазоне частот до 60 Гц. Допускается кратковременная вибрационная нагрузка при ускорении 49 м/с<sup>2</sup> (5g) с частотой до 30 Гц. При вибрации и тряске батарея не должна перемещаться по опорной площадке. Посадочные места должны иметь амортизаторы и амортизационные прокладки.

Саморазряд заряженной батареи, кроме необслуживаемой, после бездействия в течение 14 суток при температуре окружающей среды не должен превышать 10 %, а после бездействия в течение 28 сут 20 % номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи после бездействия в течение 90 сут не должен превышать 10 % номинальной емкости, а после бездействия в течение года – 40 %.

Минимальный срок службы аккумуляторной батареи в эксплуатации считается до момента уменьшения разрядной емкости ниже 40 % номинальной емкости или снижения продолжительности стартерного разряда до 1,5 мин при температуре (25 ± 2) °C до конечного разрядного напряжения 4,5 и 9,0 В соответственно для 6 и 12 вольтных батарей.

Минимальный срок службы батарей обычной конструкции и с общей крышкой в эксплуатации должен составлять один год при наработке транспортного средства не более 90 тыс. км пробега.

Минимальный срок службы необслуживаемых батарей в эксплуатации должен составлять три года при наработке транспортного средства не более 100 тыс. км пробега.

Гарантийный срок сохраняемости не залитых электролитом батарей – три года с момента изготовления. Гарантийный срок сохраняемости сухозаряженных батарей – один год с момента изготовления.

Для необслуживаемых батарей, залитых электролитом, устанавливается срок сохраняемости два года при условии промежуточного заряда в пределах минимального срока службы.

Химический источник тока должен удовлетворять следующим требованиям:

- максимальная ЭДС электрохимической системы;
- максимальное количество электрической энергии, снимаемой с единицы массы или объема;
- минимальный саморазряд;
- максимальный срок службы;
- минимальная стоимость материалов и изготовления;
- возможность обеспечения работы в наиболее широких температурных пределах.

### 2.3. Принцип действия аккумулятора

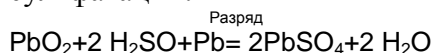
Аккумуляторные батареи являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно. Активные вещества, израсходованные в процессе разряда, восстанавливаются при последующем заряде. При протекании разрядной химической реакции в аккумуляторе отрицательный электрод окисляется, а положительный восстанавливается. При окислении происходит отдача электронов, при восстановлении – присоединение электронов.

В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют диоксид свинца  $PbO_2$  (окислитель) положительного электрода, губчатый свинец  $Pb$  (восстановитель) отрицательного электрода и электролит – водный раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ . Активные вещества электродов представляют собой относительно жесткую электропроводящую массу с диаметром пор 1–5 мкм у диоксида свинца и 5–10 мкм у губчатого свинца. Объемная пористость активных веществ в заряженном состоянии составляет около 50 %.

Часть серной кислоты в электролите диссоциирована на положительные ионы водорода  $H^+$  и отрицательные ионы кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ . Губчатый свинец при разряде аккумулятора выделяет в электролит положительные ионы двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Избыточные ионы отрицательного электрода по внешнему участку замкнутой электрической цепи перемещаются к положительному электроду, где восстанавливают четырехвалентные ионы свинца  $Pb^{4+}$  до двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Положительные ионы свинца  $Pb^{2+}$  соединяются с отрицательными ионами кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ , образуя на обоих электродах сернокислый свинец  $PbSO_4$  (сульфат свинца).

При подключении к зарядному устройству электроны движутся к отрицательному электроду, нейтрализуя двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$ . На электроде выделяется губчатый свинец  $Pb$ . Отдавая под влиянием напряжения внешнего источника тока по два электрона, двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$  у положительного электрода окисляются в четырехвалентные ионы  $Pb^{4+}$ . Через промежуточные реакции ионы  $Pb^{4+}$  соединяются с двумя ионами кислорода и образуют диоксид свинца  $PbO_2$ .

Химические реакции в свинцовом аккумуляторе описываются уравнением двойной сульфатации:



Заряд

Содержание в электролите серной кислоты и плотность электролита уменьшаются при разряде и увеличиваются при заряде. Образование воды при разряде происходит у положительного электрода, в результате плотность электролита у положительных электродов падает быстрее, чем у отрицательных. При заряде серная кислота образуется у положительного электрода, поэтому плотность электролита у положительного электрода рас-

тет быстрее, чем у отрицательного. На 1 А\_ч электрической емкости расходуется: при разряде –3,86 г свинца, 4,44 г диоксида свинца, 3,67 г серной кислоты, а при заряде – 0,672 г. воды, 11,6 г сульфата свинца.

Расход кислоты у положительных электродов больше, чем у отрицательных. Если учитывать количество воды, образующейся у положительных электродов, то количество кислоты, необходимой для них в течении разряда, в 1,6 раза больше, чем для отрицательных. Это является основной причиной того, что сепаратор со стороны положительного электрода имеет желоба с целью увеличения объема кислоты около такого электрода. При заряде происходит незначительное увеличение объема электролита, а при разряде – уменьшение.

По плотности электролита можно судить о степени разряженности  $\Delta C_p(\%)$  свинцового аккумулятора:

$$\Delta C_p = 100 (\rho_3 - \rho_{25}) / (\rho_3 - \rho_p),$$

где  $\rho_3$  и  $\rho_p$  – плотность электролита соответственно полностью заряженного и полностью разряженного аккумуляторов при температуре 25 °С, г/см<sup>3</sup> ( $\rho_3 - \rho_p = 0,16$  г/см<sup>3</sup>);  $\rho_{25}$  – измеренная плотность электролита, приведенная к плотности при температуре 25 °С, г/см<sup>3</sup> (далее плотность, приведенная к температуре).

Для приведения плотности электролита к температуре 25 °С используют формулу  $\rho_{25} = \rho_t - 0,0007 (t - 25)$ , где  $t$  – температура электролита в момент измерения плотности.

Степень разряженности батареи по измеренной плотности определяют с учетом начальной плотности электролита полностью заряженной батареи (табл. 2.1). Батареи, степень разряженности которых больше 50 % летом и 25 % зимой, необходимо снять с эксплуатации и зарядить в стационарных условиях.

Таблица

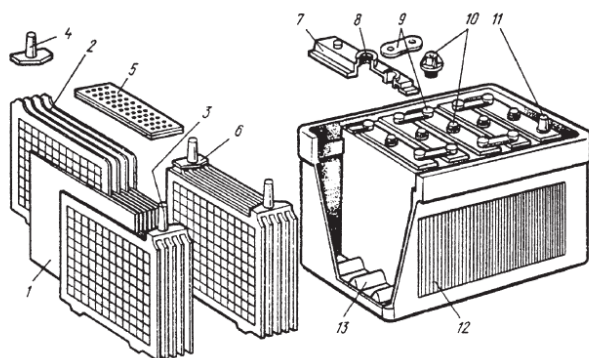
Плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см<sup>3</sup>

Полностью заряженная батарея	Разряженная батарея	
	на 25 %	на 50 %
1,30	1,26	1,22
1,28	1,24	1,20
1,26	1,22	1,18
1,24	1,20	1,16
1,22	1,18	1,14

Батарея в зависимости от требуемого напряжения содержит три или шесть последовательно соединенных аккумуляторов.

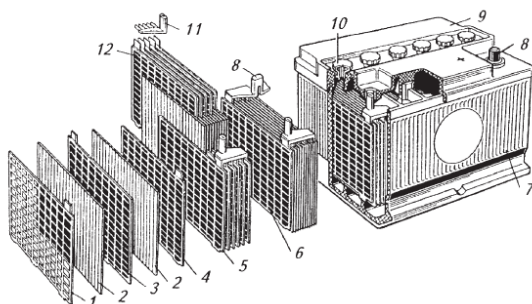
Стартерная свинцовая аккумуляторная батарея обычной конструкции с межэлементными перемычками над ячеичными крышками состоит из собранных в полублоки 2 и 3 (рис. 2.1) положительных и отрицательных электродов (пластин), сепараторов 1, моноблока 12 (корпуса), крышек 7 с пробками 10, межэлементных перемычек 9, полюсных выводов 11 и предохранительного щитка 5.

Аккумуляторная батарея с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой дана на рис. 2.2. Положительные 3 и отрицательные 4 электроды имеют решетку 1 с нанесенной на нее активной массой. Для предохранения от коротких замыканий электроды разделены сепараторами 2. Положительные и отрицательные электроды соединены бареткой в полублоки 12 и 5.



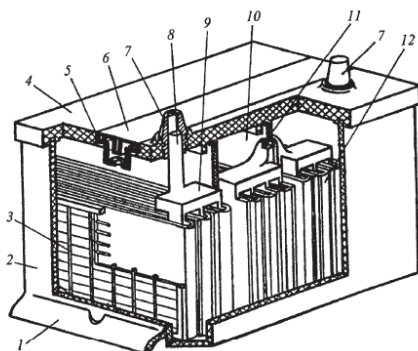
**Рис. 2.1. Стартерная аккумуляторная батарея обычной конструкции:**

1 – сепаратор; 2, 3 – полублоки соответственно положительных и отрицательных электродов; 4 – баретка; 5 –; 6 – мостик; 7 – крышка; 8 – заливочное отверстие; 9 – межэлементная перемычка; 10 – пробка; 11 – полюсный вывод; 12 – моноблок; 13 – опорная призма



**Рис. 2.2. Аккумуляторная батарея с общей крышкой:**

1 – решетка; 2 – сепаратор; 3, 4 – электроды соответственно положительный и отрицательный; 5, 12 – полублоки соответственно отрицательных и положительных электродов; 6 – блок электродов с сепараторами; 7 – корпус моноблока; 8 – полюсный вывод; 9 – общая крышка; 10 – пробка; 11 – мостик с борном



**Рис. 2.3. Аккумуляторная батарея с сепараторами-конвертами:**

1 – выступ моноблока; 2 – моноблок; 3 – электрод; 4 – крышка; 5 – пробка; 6 – планка; 7 – вывод; 8 – борн; 9 – мостик; 10 – перегородка; 11 – межэлементная перемычка; 12 – сепаратор конверт. Полублоки объединяются в блоки, которые опускаются в секции моноблока и соединяются между собой межэлементными перемычками.

Аккумуляторная батарея с сепараторами-конвертами и межэлементными перемычками под общей крышкой через перегородку для тракторов приведена на рис. 2.3.

В полностью заряженной свинцовой батарее активным веществом положительных электродов является диоксид свинца  $PbO_2$  (темно-коричневого цвета), а отрицательных – губчатый свинец  $Pb$  (серого цвета).

Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активной массе при ее заряде и токоотвода при ее разряде, а также механического удержания активной массы.

Одинаковые по конструкции решетки положительных и отрицательных электродов имеют уши, рамку с вертикальными ребрами и горизонтальными жилами, опорные ножки. В некоторых решетках в случае применения сепараторов конвертов ножки имеют меньшую высоту или отсутствуют. Профиль ребер и жилок обеспечивает легкое извлечение решетки из литейной формы и хороший контакт между активной массой и решеткой.

Освинцованная сетка металлической решетки с увеличенной поверхностью имеет лучшее сцепление с активным веществом электрода, что уменьшает действие коррозии и увеличивает срок службы батареи.

Решетки электродов должны обеспечивать равномерное токораспределение по всей массе активных веществ. Степень неравномерности токораспределения на электродах зависит от отношения высоты к ширине электродов. С приближением данного отношения к единице (квадратный электрод) степень неравномерности токораспределения снижается. В стартерных батареях обычной конструкции применяют электроды шириной 143 мм и высотой без ножек 119 и 133,5 мм.

Толщина решеток электродов зависит от режимов работы и установленного срока службы батареи. Для автомобильных батарей толщина решеток равна 1,5–2 мм.

Решетки отрицательных электродов имеют меньшую толщину, так как они менее подвержены коррозии. Масса решетки составляет до 50 % массы электрода.

Решетки электродов отливают из сплава свинца и сурьмы (4–6 %) с добавлением мышьяка (0,1–0,2 %). Сурьма увеличивает механическую прочность и коррозионную стойкость решетки, повышает ее твердость, улучшает текучесть сплава при изготовлении решеток, снижает их окисление при хранении. Добавка мышьяка увеличивает коррозионную стойкость решеток, заметно повышает предел прочности на разрыв и твердость. Легирование мышьяком свинцово-сурьмянистых сплавов решеток электродов позволяет увеличить срок службы батарей.

Ячейки решеток электродов заполнены пористой активной массой. Основой пасты электродов является свинцовый порошок, замешиваемый в водном растворе серной кислоты. Для увеличения прочности активной массы в пасту положительных электродов добавляют полипропиленовое волокно. Добавление волокна повышает механическую прочность пасты и увеличивает пористость активной массы положительного электрода с 40 до 50 %, в результате чего повышается срок службы и улучшаются энергетические характеристики батареи на 9–15 %. Содержание волокна и капрона или пропилена диаметром 25 мкм, длиной 3–5 мм составляет 0,4 % сухой массы активного вещества. Уплотнение активного вещества отрицательных электродов в процессе эксплуатации предотвращается благодаря добавлению в пасту расширителей (сажа, дубитель БНС, гумматы, получаемые из торфа, и т.д.) в смеси с сернокислым барием.

Пористая структура активной массы электродов обеспечивает лучшее проникновение электродов в глубинные слои и повышает коэффициент использования активных веществ. Активная поверхность пористой массы (поверхность, непосредственно контактирующая с электролитом) в сотни раз превышает геометрическую поверхность электрода.

Губчатый свинец отрицательного электрода имеет меньшее удельное сопротивление (1,83–10 Ом·см) по сравнению с диоксидом свинца (74–10–4 Ом·см) положительного электрода, поэтому отрицательный электрод обладает большей механической прочностью, меньше подвержен короблению и коррозии.

Омическое сопротивление решеток стартерных батарей толщиной 2,2–2,5 мм находится в пределах 1,8–2,4 мОм, толщиной 1,6–1,8 мм – в пределах 2,4–3,0 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательного электрода составляет 62–70 % сопротивления решетки, а положительного – 92–98 %. По мере разряда батареи сопротивление электродов приближается к сопротивлению решеток.

Отрицательные и положительные электроды с помощью бареток соединены в полублоки. Баретки имеют мостики, к которым ушками приварены решетки электродов, и выводные штыри (борны). Борны являются токоотводами полублоков электродов. Мост и



мостики обеспечивают необходимый зазор между электродами. С увеличением числа параллельно соединенных электродов в полублоках увеличивается номинальная емкость аккумулятора.

Полублоки объединены в блоки электродов. В зависимости от предъявляемых к батарее требований соотношение между числом положительных и отрицательных электродов может быть различным. Однако число разнополярных электродов отличается не более чем на единицу: обычно отрицательных электродов в блоках на один больше, чем положительных.

В токообразующих реакциях участвует большее количество активного вещества положительных электродов. Находясь между двумя отрицательными электродами, положительный электрод при заряде и разряде подвергается меньшим изменениям активной массы и меньше деформируется. При таком соотношении толщина положительных электродов, как правило, на 10–20 % больше толщины отрицательных, а толщина крайних отрицательных электродов на 40 % меньше толщины положительных. В некоторых батареях число разнополярных электродов одинаково. В таких случаях оба электрода имеют одинаковую толщину.

Электроды в блоках разделены сепараторами, которые, предотвращая короткое замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междуэлектродном пространстве и возможность переноса электрического заряда от одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют положение электродов, предупреждая их перемещение при тряске и вибрации. В некоторых конструкциях аккумулятора

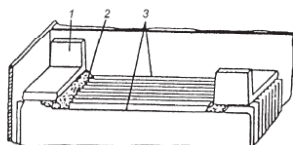


Рис. 2.4. Крепление блока электродов к батарее с помощью полиуретана

торных батарей блок электродов 3 (рис. 2.4) крепится дополнительно к батарее 1 с помощью полиуретана 2, что значительно повышает стойкость аккумуляторной батареи к вибрации.

Технические показатели сепараторов существенно влияют на работу свинцовой аккумуляторной батареи. От омического сопротивления сепараторов зависит внутреннее падение напряжения в аккумуляторной батарее. Сепараторы замедляют оплывание активной массы положительных электродов и сульфатацию отрицательных электродов, продлевая срок службы аккумуляторной батареи.

Сепараторы должны обладать высокой пористостью, достаточными механической прочностью, кислотостойкостью, эластичностью, минимальной гигроскопичностью при длительном хранении аккумуляторной батареи в сухозаряженном состоянии и должны сохранять свои свойства в широком диапазоне температур. Сопротивление сепаратора, пропитанного электролитом, должно быть меньше, чем сопротивление такого же по объему и геометрическим размерам слоя электролита.

В стартерных свинцовых батареях устанавливают сепараторы из мипора, мипласта, поровинила, пластипора (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Материал	Относительное электро- сопротивление <sup>1</sup> , не более	Объемная порис- тость, %, не менее	Масса, кг, сепаратора с площадью поверхности 1 м <sup>2</sup>
Мипор	5,5	50–60	0,564
Мипласт	5	40–50	0,636
Поровинил	5	75	0,272
Пластипор	—	75	0,250

<sup>1</sup>Относительное сопротивление — отношение сопротивления сепаратора, пропитанного электролитом, к сопротивлению слоя электролита той же формы, какую имеет сепаратор.

**Мипор** (микропористый эбонит) получают в результате вулканизации смеси натурального каучука с силикагелем и серой. Промышленность выпускает сепараторы из мипора толщиной 1,1; 1,5; 1,9 мм. К недостаткам сепараторов из мипора относятся хрупкость, малая скорость пропитки электролитом, дефицитность сырья и высокая стоимость.

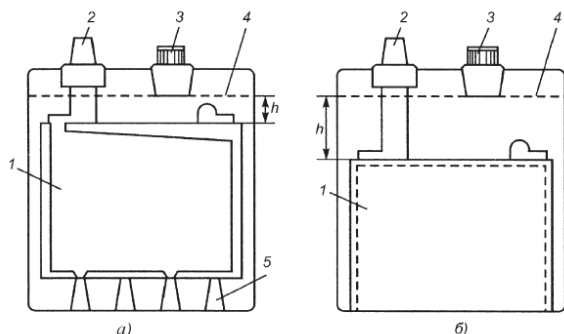
**Мипласт** или микропористый полихлорвинил изготавливают из полихлорвиниловой смолы путем спекания. Сепараторы из мипласта выпускают толщиной 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм. Технологический процесс изготовления сепараторов из мипласта проще. Мипласт быстро пропитывается электролитом, обладает низким относительным сопротивлением и достаточной механической прочностью. Мипласт менее стоек к образованию игольчатых токопроводящих мостиков между электродами, так как имеет меньшую пористость и больший диаметр пор по сравнению с мипором. Срок службы батарей с сепараторами из мипласта меньше.

**Поровинил** получают из пористого полихлорвинила, а **пластипор** — из перхлорвиниловой смолы.

Влажность сепараторов из мипора и мипласта при сборке, а также сквозных микроотверстий, которые можно обнаружить при просвечивании электрической лампой мощностью 100 Вт, расположенной на расстоянии 100 мм от сепаратора, не должна быть более 2 %.

Механическую прочность сепараторов оценивают по сопротивлению при разрыве, изгибе вокруг валика диаметром 45–60 мм.

Сепараторы представляют собой тонкие (1–2 мм) прямоугольные пластины с вертикальными ребрами, которые обращены к положительному электроду для лучшего доступа к нему электролита. Небольшие ребра высотой 0,15–0,20 мм со стороны, обращенной к отрицательному электроду, снижают вероятность "прорастания" сепаратора, улучшают условия диффузии и конвекции электролита около отрицательного электрода.



**Рис. 2.5. Схемы расположения электродов в аккумуляторных батареях:**

*а* — обычных; *б* — необслуживаемых с сепараторами-конвертами; 1 — блок электродов; 2 — полюсный вывод; 3 — пробка; 4 — призма моноблока; *h* — уровень электролита над блоком электродов.

Сепараторы из мипора и мипласта больше электродов по ширине на 3–5 мм, по высоте на 9–10 мм, что исключает появление токопроводящих мостиков по торцам электродов и сепараторов.

В последнее время в необслуживаемых аккумуляторных батареях применяют также сепараторы конверты. Схема расположения электродов в аккумуляторных батареях дана на рис. 2.5.

При установке одного из электродов в сепаратор конверт исключается замыкание электродов разноименной полярности шламом.

Поэтому можно устанавливать блоки электродов непосредственно на дно моноблоков без призм и шламового пространства, что позволяет при сохранении высоты аккумуля-

ляторной батареи более чем в 2 раза увеличить высоту уровня электролита над электродами.

**Моноблок** (корпус) стартерных батарей изготавливают из эбонита (ГОСТ 6980–76) или пластмассы (ГОСТ Р 51977–2002). Тяжелые и хрупкие моноблоки из эбонита в настоящее время заменяют моноблоками из термопласта (наполненного полиэтилена) или тонкостенными моноблоками из морозостойкого сополимера пропилена с этиленом. Высокая прочность в широком интервале температур, стойкость к кислотам, маслам, растворителям и теплостойкость новых моноблоков позволили уменьшить толщину их стенок до 1,8–2,5 мм (вместо 6–8 мм для моноблока из эбонита), а перегородок – до 1,2–2,5 мм (вместо 2,65–5,6 мм).

Внутри моноблок разделен прочными непроницаемыми перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. В ячейках моноблока размещают собранные в блоки электроды, разделенные сепараторами. В аккумуляторных батареях с обычными сепараторами на дне каждой ячейки предусмотрены четыре призмы, образующие пространство для оседающих на дно ячеек батареи активных веществ электродов (шлама). На каждые две опорные призмы устанавливают разнополярные электроды на опорах, что исключает их короткое замыкание шламом. На перегородках моноблока предусмотрены вертикальные выступы (пилястры) для лучшей циркуляции электролита у электродов, прилегающих к перегородкам.

Применение полипропилена дало возможность при сохранении достаточной механической прочности существенно уменьшить массу моноблока. Плотность пропиленового моноблока равна 0,9 г/см<sup>3</sup>, а эбонита – 1,4 г/см<sup>3</sup>. За счет уменьшения толщины стенок масса полипропиленового моноблока на 80 % меньше массы эбонитового, что делает батарею более транспортабельной в процессе эксплуатации.

При одинаковых габаритных размерах в полипропиленовый моноблок можно установить больше электродов, что увеличивает емкость батареи на 15–20 %. Моноблок из полипропилена прочнее, труднее разрушается, более термостоек, полупрозрачен, что упрощает контроль уровня электролита. Полипропилен более устойчив к воздействию электролита, масел, пластичных смазочных материалов и бензина.

При соединении аккумуляторов через перегородки уменьшаются масса свинца и внутреннее сопротивление батареи, что повышает на 10 % ее мощность. Плотное приваренная к моноблоку общая крышка предотвращает подтекание электролита и окислирование полюсных выводов в процессе эксплуатации.

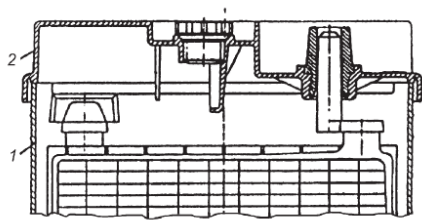
**Крышки** отдельных аккумуляторов или всей батареи изготавливаются из однородного с моноблоком материала. Наиболее распространена крышка с двумя крайними отверстиями для вывода борнов блока электродов и одним средним резьбовым отверстием для заполнения ячейки моноблока электролитом и контроля его уровня. В крайние отверстия отдельных крышек запрессованы свинцовые втулки.

В местах стыка отдельных крышек со стенками моноблока батареи герметизированы битумной мастикой.

Широкие возможности для конструктивных усовершенствований, позволяющих облегчить техническое обслуживание батареи в процессе эксплуатации, обеспечивает применение общих крышек, которые приваривают к моноблокам. Контактная тепловая сварка пластмассового моноблока 1 (рис. 2.6) и общей крышки 2 создает надежную герметизацию.

Применение общей крышки на все аккумуляторы батареи позволяет: уменьшить длину межэлементных соединений, что понижает внутреннее сопротивление батареи; легче поддерживать чистоту верхней части батареи, что снижает вероятность ее саморазряда через крышку; усилить крепление отдельных аккумуляторов в батарее.

Однако использование общей крышки имеет недостатки: нельзя измерить напряжение отдельного аккумулятора и заменить его, если он непригоден; невозможно отремонтировать батарею с общей крышкой.

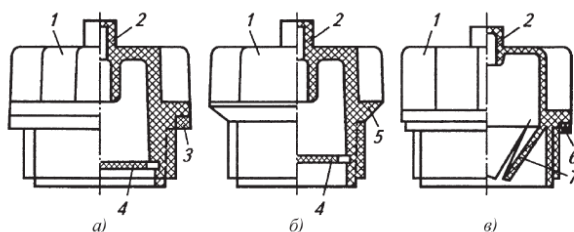


**Рис. 2.6. Соединение общей крышки с моноблоком:**

1 – моноблок; 2 – крышка

Заливочные отверстия горловины в крышках унифицированы по метрической резьбе М20, М24 и М30 и закрыты пробками с вентиляционными отверстиями.

**Пробки** изготавливают из эбонита, полистирола или фенолита. Пластмассовые пробки имеют меньшую массу и большую прочность. Для того чтобы предотвратить вытекание электролита, между уплотнительным бортиком корпуса 1 (рис. 2.7) и заливочной горловиной крышки устанавливают резиновую шайбу 3. Герметизация может обеспечиваться также конусным бортиком 5, плотно прилегающим к горловине отверстия в крышке. В новой конструкции пробок предусмотрен пластмассовый уплотнительный элемент 6, расположенный на бортике пробки. Пробки имеют встроенные отражатели 4 и 7, ко

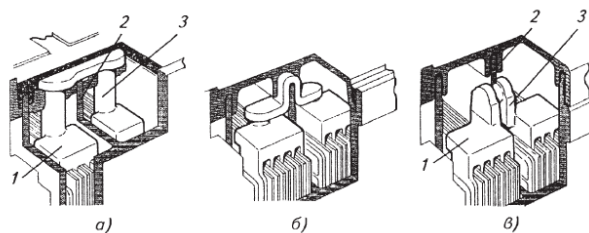


**Рис. 2.7. Пробки батарей с уплотнением:**

а – резиновым; б – под конус; в – пластмассовым; 1 – корпус пробки; 2 – прилив вентиляционного отверстия; 3 – резиновая шайба; 4 – отражатель; 5 – конусный бортик; 6 – пластмассовый уплотнительный элемент; 7 – лепестковый отражатель которые не позволяют электролиту выплескиваться через вентиляционное отверстие. В пробках новой конструкции отражатель 7 выполнен в виде лепестков.

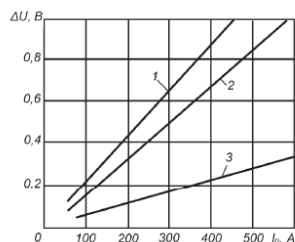
Батареи большей емкости снабжены ручками для переноски, прикрепленными к моноблоку специальными металлическими скобами, накладками и винтами. Такая конструкция требует дополнительной оснастки для изготовления крепежных деталей переносных устройств и увеличивает трудоемкость изготовления батарей. Исполнение переносных устройств с ручками, расположенными в отверстиях бортика моноблока, проще. Ручки могут быть жесткими или гибкими, могут перемещаться в вертикальном направлении и поворачиваться на некоторый угол по горизонтали. Переносные устройства и места их крепления должны выдерживать нагрузку, равную двукратной массе батареи с электролитом.

Для последовательного соединения аккумуляторов в батарее используют межэлементные переемы (рис. 2.8), которые припаивают к борнам бареток полублоков в таком порядке, чтобы соединить между собой полублок отрицательных электродов одного аккумулятора с полублоком положительных электродов рядом расположенного аккумулятора. При соединении борна с межэлементной перемычкой к ним приваривается верхняя часть свинцовой втулки, запрессованной



**Рис. 2.8. Межэлементные перемычки аккумуляторных батарей:**

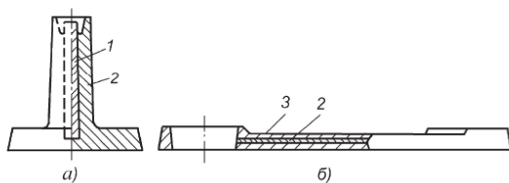
*а* – наружные над крышкой; *б* – внутренние над перегородкой; *в* – внутренние через отверстие в перегородке; 1 – мостик баретки; 2 – перегородка моноблока; 3 – борн баретки



**Рис. 2.9. Зависимость падения напряжения  $\Delta U$  в перемычке между аккумуляторами от силы разрядного тока  $I_p$  батареи при различных способах соединения аккумуляторов:**

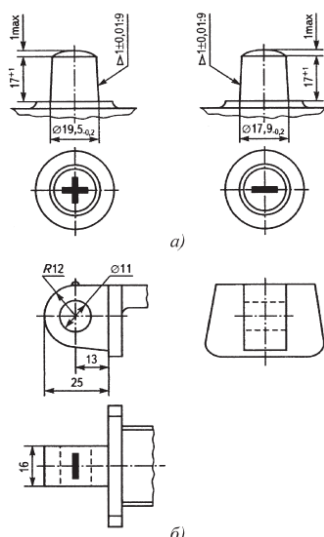
1 – над крышкой; 2 – под крышкой; 3 – через перегородку в крышке. Это обеспечивает надежное уплотнение отверстий в местах вывода борнов. Укороченные межэлементные перемычки через перегородки полиэтиленовых моноблоков позволяют уменьшить внутреннее сопротивление батареи и расход свинцового сплава. Снижение падения напряжения на соединительных деталях позволяет иметь больше на 0,1–0,3 В напряжение на выводах батареи при ее работе в стартерном режиме. На рис. 2.9 приведена зависимость падения напряжения  $\Delta U$  в перемычке между аккумуляторами от силы разрядного тока  $I_p$  при различных способах соединения аккумуляторов.

Для уменьшения внутреннего падения напряжения в батареях 6СТ\_182, 6СТ\_190 и 3СТ\_215 борны и межэлементные перемычки выполнены в виде освинцованных вкладывшей из меди, имеющей в 12 раз большую электропроводность по сравнению со свинцово-сурьмянистыми сплавами. На рис. 2.10 показаны токоведущие детали с медными вставками.



**Рис. 2.10. Токоведущие детали с медными вставками:**

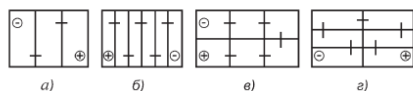
*а* – борн; *б* – межэлементная перемычка; 1 – медный стержень борна; 2 – свинцово-сурьмянистый сплав; 3 – медная планка межэлементной перемычки



**Рис. 2.11. Полюсные выводы стартерных батарей:**

*а* – конусные; *б* – с отверстиями под болт. Поперечное сечение борнов и межэлементных перемычек батарей выбирается из условия, что падение напряжения на каждом из борнов составляет 16 мВ на межэлементных перемычках – 20 мВ при силе тока 3С20 А.

К борнам крайних аккумуляторов приваривают конусные полюсные выводы (рис. 2.11). Размеры выводов стандартизованы.



**Рис. 2.12. Схемы расположения аккумуляторов в отечественных батареях с номинальным напряжением:**

*а* – 6 В; *б, в, г* – 12 В

Диаметр конуса у основания положительного вывода больше, чем у отрицательного (у зарубежных батарей размер выводов указывается по верхнему диаметру конуса: 17,4 и 15,8 мм соответственно для положительного и отрицательного выводов). Таким образом исключается вероятность неправильного подключения батареи в систему электрооборудования. Некоторые батареи имеют выводы меньших размеров с отверстиями под болты или винты. Необслуживаемые аккумуляторные батареи корпорация GNB выпускает с обоими типами выводов: конусными на крышке и боковыми с резьбовыми втулками. Это позволяет обеспечить подключение к батарее соединительных проводов с различными конструктивными исполнениями наконечников.

В зависимости от емкости батареи, ее номинального напряжения и типа транспортного средства предусмотрены различные схемы расположения аккумуляторов в батарее (рис. 2.12).

### 1.1.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

### 1.1.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## **1.2 Лабораторная работа №2 ( 2 часа).**

**Тема:** «Исследование электрических характеристик проверка технического состояния генератора переменного тока»

**1.2.1 Цель работы:** Изучение конструкции и работы генераторных установок, правил их эксплуатации и технического обслуживания.

### **1.2.2 Задачи работы:**

1. Изучить устройство генератора переменного тока.
2. Изучить работу генератора переменного тока.
3. Изучить порядок регулировки генератора и технического обслуживания.

### **1.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный генератор и регулятор напряжения, набор инструментов, ходовой трактор, тестер.

### **1.2.4 Описание (ход) работы:**

Автомобильные и тракторные системы электроснабжения – это совокупность оборудования, обеспечивающего производство электрической энергии необходимого качества, распределение и передачу ее потребителям.

На автомобилях и тракторах применяют системы электроснабжения постоянного тока. В систему электроснабжения входят:

источники электрической энергии (генератор, аккумуляторная батарея);  
регулирующие устройства;

элементы контроля и защиты от возможных аварийных режимов (реле и контрольная лампа или одна контрольная лампа).

Основным источником электрической энергии в системе электроснабжения является генератор переменного тока с выпрямителем, который приводится во вращение от двигателя внутреннего сгорания посредством ременной передачи. Специальный узел генератора – выпрямитель обеспечивает преобразование переменного тока в постоянный. Поскольку переменный ток выпрямляется полупроводниковыми диодами (вентильными), такие генераторы называются вентильными. Благодаря использованию полупроводникового выпрямителя значительно повысились надежность и удельная мощность генератора, упростилась его конструкция по сравнению с генератором постоянного тока с механическим выпрямителем – коллектором, уменьшилась трудоемкость технического обслуживания в эксплуатации, расширился диапазон рабочих частот вращения вала генератора.

Генератор с регулятором напряжения образует генераторную установку. Генераторные установки в процессе развития претерпели существенные изменения. Коллекторные генераторы постоянного тока, работающие совместно с вибрационными реле-регуляторами, вытеснены вентильными генераторами с транзисторными или тиристорными регуляторами напряжения. Большинство генераторов в настоящее время представляют собой устройство, в которое встроены силовой выпрямитель (в ряде случаев и дополнительный для питания обмоток возбуждения) и регулятор напряжения. Существенно усложнились схемы генераторных установок. В них появились элементы защиты от возможных аварийных режимов.

При наличии встроенного в генератор интегрального регулятора напряжения упрощается монтаж генераторной установки на автомобиле и тракторе, снижается трудоемкость технического обслуживания, уменьшается расход монтажных проводов и снижается

вероятность возникновения аварийных режимов из-за коротких замыканий в бортовой сети электрооборудования и ошибок при монтаже.

*Генераторная установка* – достаточно надежное устройство, способное выдерживать повышенную вибрационную нагрузку, высокую температуру под капотом автомобиля, воздействие влажной среды, грязи и других факторов.

Режим работы потребителей электроэнергии на автомобиле и тракторе характеризуется широким диапазоном и случайным характером нагрузки. Скоростной режим работы генератора, ротор которого приводится во вращение от двигателя, также имеет случайный характер. При этом даже при частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей режиму холостого хода, генератор должен развивать мощность, достаточную для электроснабжения электронной системы впрыскивания топлива, системы зажигания, информационно-измерительной системы, габаритных огней и фонарей освещения номерного знака.

*Основное требование к системе электроснабжения* – надежное обеспечение потребителей электрической энергией в различных условиях эксплуатации автомобиля и трактора. Кроме того, элементы системы электроснабжения должны отвечать общим требованиям, которые предъявляются к автотракторному электрооборудованию. Кроме электроснабжения потребителей, входящих в систему электрооборудования автомобиля и трактора, генератор должен обеспечивать заряд аккумуляторной батареи при работающем двигателе. Выходные параметры генераторной установки выбираются таким образом, чтобы на любых режимах движения автомобиля и работы трактора не происходил прогрессивный разряд аккумуляторной батареи.

Напряжение в бортовой сети электрооборудования должно быть стабильным в широких диапазонах изменений частоты вращения ротора генератора и нагрузки. Данное требование связано с тем, что аккумуляторная батарея весьма чувствительна к уровню и стабильности напряжения. Слишком низкое напряжение приводит к недозаряду батареи и, как следствие, к затруднениям при осуществлении пуска двигателя. Слишком высокое напряжение вызывает перезаряд батареи и ускоренный выход ее из строя. Весьма чувствительны к уровню напряжения бортовой сети лампы накаливания приборов освещения и сигнализации.

Параллельная работа генератора с аккумуляторной батареей связана со случайным характером распределения нагрузки между ними.

Аккумуляторная батарея на автомобиле и тракторе выполняет функции как источника, так и потребителя электрической энергии. Распределение нагрузки между генератором и аккумуляторной батареей зависит от многих факторов, основными из которых являются скоростной режим работы двигателя и зависимость от силы отдаваемого тока частоты вращения ротора генератора, уровень регулируемого напряжения, состояние аккумуляторной батареи и температура окружающей среды.

При наличии электронных устройств особые требования предъявляют к характеру изменения выходного напряжения генераторной установки. Импульсное напряжение возникает в системе электроснабжения как при нормальных режимах работы в результате действия переключающих устройств (диодов выпрямителя и транзисторов регулятора напряжения), так и в аварийных режимах, например, при внезапном отключении аккумуляторной батареи. Кратковременные импульсы напряжения в системе электроснабжения не должны превышать 150 В, которые могут выдерживать полупроводниковые элементы генераторной установки.

Система генерирования электрической энергии в первую очередь характеризуется установленной мощностью генератора. Мощность генераторных установок существенно возросла. До конца 70-х годов XX века на автомобилях среднего класса преобладали генераторные установки мощностью около 500 Вт. К началу 90-х годов эта мощность возросла до 800–900 Вт. На автомобилях высшего класса мощность генератора стала еще на



300–400 Вт больше, что объясняется наличием приборов повышенного комфорта в салоне, прежде всего, кондиционера.

На легковых автомобилях среднего класса и грузовых автомобилях преобладают генераторные установки, рассчитанные на максимальную силу тока 50–70 А, а на автомобилях высшего класса – до 90–100 А, т.е. максимальная мощность, отдаваемая потребителям, достигает 1,4–1,5 кВт. При таких мощностях становится важным обеспечить высокий КПД генераторной установки. Мощность, забираемая генераторной установкой от автомобильного двигателя на максимальной частоте вращения коленчатого вала, приближается к 4,5 кВт.

В этом случае расход топлива на привод генератора может достигать 6 % общего расхода, причем 75 % этого расхода топлива теряется на нагрев узлов генераторной установки.

Рост установленной мощности генератора обусловлен как увеличением мощности и количества потребителей электрической энергии, так и увеличением функций, выполнение которых связано с использованием электрической энергии. *Надежность функционирования системы электроснабжения* в значительной степени предопределяет безопасность движения автомобиля и выполнения технологических операций трактором. Система электроснабжения должна выполнять заданные функции, сохраняя требуемые эксплуатационные показатели в заданных пределах, при заданных режимах и условиях работы в течение требуемого периода времени. *Параметрами, характеризующими генераторную установку*, являются также номинальное напряжение генератора, уровень и диапазон изменения регулируемого напряжения, качество электрической энергии, диапазон частот вращения и передаточное число привода генератора.

Отдачу электрической энергии генератором даже при минимальной частоте вращения ротора, соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода, можно обеспечить за счет увеличения передаточного числа ременной передачи привода генератора. Однако при передаточном числе, большем трех единиц, снижается срок службы ремней и увеличиваются механические нагрузки на вращающиеся узлы и детали генератора и на подшипники. Отдача электрической энергии генератора зависит от дорожных условий, грузопотока автомобилей, времени суток и года. В черте города скорость автомобиля ограничена условиями уличного движения и существенно ниже, чем при движении автомобиля по загородному шоссе.

Наиболее нагружен генератор при работе ночью в зимний период эксплуатации, когда включены отопитель, обогреватели стекол, при боры системы освещения и световой сигнализации. Потребляемая сила тока в этом случае составляет 55–80 % максимальной силы тока отдачи генератора. При движении автомобиля днем в теплый период года токовая нагрузка генератора минимальная и не превышает 10–20 % максимальной.

Генераторные установки автомобилей имеют номинальное напряжение 14 и 28 В. Напряжение 28 В характерно для автомобилей с дизелями. У грузовых автомобилей с дизелями система электроснабжения может обеспечивать два уровня напряжения: 14 В – непосредственно на генераторе для электроснабжения основных потребителей; 28 В – на выходе трансформаторно-выпрямительного блока для подзаряда аккумуляторной батареи, используемой при пуске двигателя.

### **Принцип действия генератора**

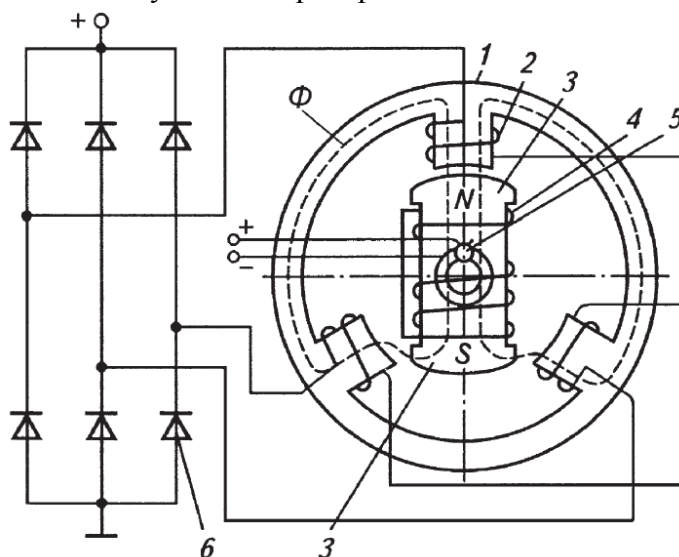
Преобразование в генераторе механической энергии в электрическую происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Если с определенной скоростью изменять магнитный поток, пронизывающий контур из токопроводящего материала, то на выводах контура появляется ЭДС. Когда изменяющийся магнитный поток пронизывает катушку с изолированными друг от друга витками токопроводящего провода, то на выводах катушки возникает ЭДС, пропорциональная произведению числа витков и скорости изменения магнитного потока.

Возможны два варианта изменения магнитного потока (наведения ЭДС) в катушках автомобильных и тракторных генераторов:

по величине и направлению, что характерно для щеточной конструкции вентильного генератора с клювообразным ротором;

только по величине, что характерно для бесщеточного генератора, в частности, индукторного.

Основными узлами генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, являются магнитная система с обмоткой возбуждения 4 (рис. 3.1) и стальными участками магнитопровода 1, по которым протекает магнитный поток  $\Phi$ , и обмотка 2 статора, в которой индуцируется ЭДС при изменении магнитного потока. Магнитный поток создается обмоткой 4 возбуждения при протекании по ней электриче-



ского тока и системой полюсов.

**Рис. 3.1. Вентильный синхронный генератор:**

1 – магнитопровод; 2 – обмотка статора; 3 – полюс ротора; 4 – обмотка возбуждения; 5 – щетки; 6 – выпрямитель

Полюса с обмоткой возбуждения, кольца, через которые ток от щеток подводится к обмотке возбуждения, вал и некоторые другие конструктивные элементы образуют вращающийся ротор. Обмотка 2, в которой вырабатывается электрический ток, размещена на неподвижном магнитопроводе 1 и вместе с ним представляет собой статор. При вращении ротора напротив полюсов статора с расположенными на них обмотками фаз оказываются то северный *N*, то южный *S* полюсы ротора. Магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий обмотки статора, изменяется по величине и направлению, что и приводит к появлению в обмотках переменной ЭДС. Частота  $f$  изменения ЭДС связана с частотой  $n_r$  вращения ротора и числом  $p$  пар полюсов ротора соотношением:

$$f = pn_p / 60.$$

В отечественных автомобильных вентильных генераторах число пар полюсов  $p = 6$ , поэтому частота их переменного тока в десять раз меньше частоты вращения ротора. Чем выше частота вращения ротора и больше величина магнитного потока, тем быстрее происходит его изменение внутри катушек фаз статора и тем выше значения наводимой в них ЭДС.

Обмотка каждой фазы может иметь несколько катушек, соединенных последовательно, параллельно и смешанно. Фазовые обмотки статора соединяют в многолучевую звезду или многоугольник.

В трехфазном генераторе имеются три группы катушек, расположенные на соседних зубцах статора таким образом, что наводимые в них ЭДС смещены на 120. При соединении фаз в звезду концы всех фаз соединяют в общей нулевой точке, которую изолируют в генераторе или выводят отдельным нулевым проводом.

При построении фаз в треугольник конец первой фазы соединяют с началом второй фазы, конец второй фазы – с началом третьей фазы, а конец третьей фазы – с началом первой фазы. К точкам соединения фаз подключают линейные провода, подводящие напряжение к выпрямителю.

Построения фаз в звезду и треугольник отличаются соотношениями линейных  $U_{\text{л}}$  и фазных  $U_{\text{ф}}$  напряжений, значениями сил линейного  $I_{\text{л}}$  и фазного  $I_{\text{ф}}$  тока:

*при соединении фаз в звезду*

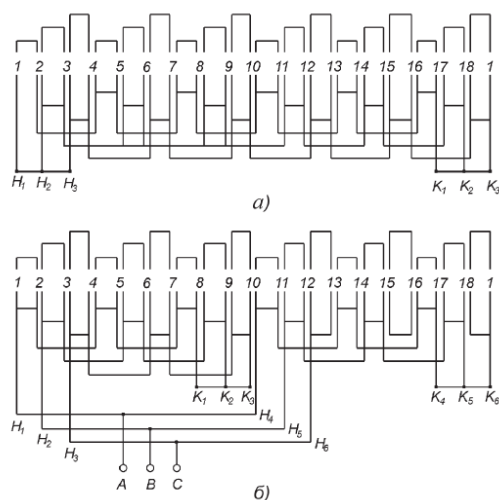
$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}} \text{ и } U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}},$$

*при соединении в треугольник*

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}} \text{ и } I_{\text{л}} = \sqrt{3}I_{\text{ф}}.$$

Приведенные соотношения справедливы для действующих значений синусоидально изменяющихся переменных напряжений и силы тока. Начала фаз соединяют с выпрямителем 6. Выпрямитель выпрямляет тот переменный ток, который к нему подводится, т.е. линейные величины. При соединении в треугольник фазные токи в 3 раза меньше линейных, в то время как у звезды линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе токи в обмотках фаз при соединении в треугольник значительно меньше, чем при соединении фаз в звезду. В результате в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в треугольник, так как при токе меньшей силы обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейные напряжения у звезды в 3 раз больше фазного, в то время как у треугольника они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора соединение фаз в треугольник требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению с соединением в звезду.

Более тонкий провод можно применять и при соединении в звезду. В этом случае обмотку статора выполняют из двух параллельных обмоток, каждая из которых соединена в звезду, т.е. получается "двойная" звезда.



Вентильные генераторы с клювообразным ротором представляют собой синхронную электрическую машину со встроенным полупроводниковым выпрямителем. Основными узлами и деталями генератора являются статор 4, ротор с клювообразными полюсами 3, втулкой 1 и сосредоточенной вращающейся обмоткой 2 возбуждения, крышки со стороны привода и контактных колец 7, щетки 6, шкив, вентилятор и выпрямительный блок.

Пакет статора (рис. 3.3) набран из пластин электротехнической стали. В пазах статора размещены катушки трехфазной(или с большим числом фаз) обмотки. Число пазов на полюс и фазу для генераторов с клювообразным ротором определяется по формуле

$$q = z_1 / 2pt,$$

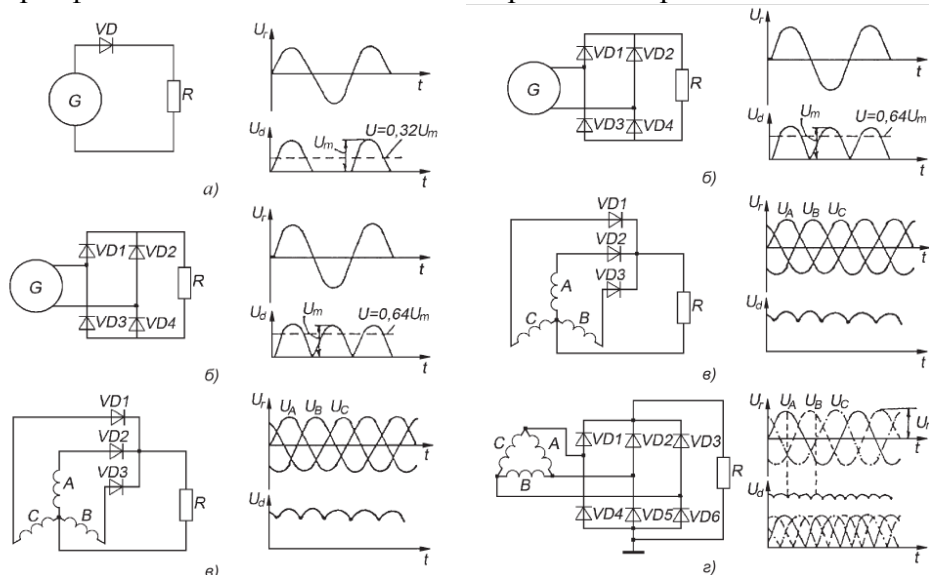
где  $z_1$  – число пазов статора;  $2p$  – число полюсов ротора;  $m$  – число фаз генератора.

Переменный ток вентильных генераторов выпрямляется кремниевыми полупроводниковыми диодами. Диоды имеют два вывода, пропускают ток только от анодного вывода

к катодному, к аноду подведен положительный потенциал. В противоположном направлении диоды тока не пропускают, если обратное напряжение не превышает допустимого значения. В выпрямителях генераторов устанавливают диоды прямой и обратной полярностей. У диода прямой полярности с корпусом соединен катод, а у диода обратной полярности – анод.

Технико-экономические показатели и характеристики вентильных генераторов в значительной мере определяются схемой и параметрами полупроводниковых выпрямителей. В зависимости от числа  $m$  фаз обмотки статора используются одно-, трех- и многофазные ( $m > 3$ ) схемы выпрямления. Выпрямители могут быть одноктактными (однополупериодными) или двухтактными (двухполупериодными). В однополупериодных схемах выпрямления ток в обмотках статора протекает только один раз за период, а в двухполупериодных – дважды (в противоположных направлениях). Однополупериодное выпрямление переменного тока однофазного источника  $G$  (рис. 3.11, а) обеспечивает один диод  $VD$ , который включается последовательно с нагрузкой  $R$ . Для двухполупериодного выпрямления однофазного тока собирают мостовой выпрямитель из четырех диодов  $VD1$ – $VD4$  (рис. 3.11, б). Положительная полуволна переменного напряжения открывает вентили  $VD1$  и  $VD4$ . Во втором полупериоде открыты вентили  $VD2$  и  $VD3$ .

В течение всего времени работы генератора с мостовым выпрямителем на нагрузку подается напряжение  $U_d$  одного знака. Если в каждую фазу генератора включить по одному диоду  $VD1$ ,  $VD2$  и  $VD3$  (рис. 3.11, в), можно получить однополупериодный выпрямитель трехфазного тока. Каждый диод выпрямителя проводит ток



**Рис. 3.11. Схема генераторных установок с выпрямителями и их характеристики:**

$A, B, C$  – фазы обмотки статора генератора;  $U_g, U_A, U_B, U_C$  – напряжения генератора и фаз соответственно  $A, B, C$ ;  $U_m$  – амплитудное значение фазного напряжения;

$U_d$  – выпрямленное напряжение только в течение  $1/3$  периода, когда напряжение приложено к нему в прямом направлении.

Двухполупериодный выпрямитель трехфазного тока имеет три пары диодов  $VD1$ – $VD6$  (рис. 3.11, з). Одно плечо выпрямителя образуют диоды  $VD1$ – $VD3$  прямой полярности, которые катодами соединены с положительным выводом вентильного генератора. Во втором плече выпрямителя установлены диоды  $VD4$ – $VD6$  обратной полярности. Их аноды соединены с массой. В проводящем направлении работает один из диодов  $VD1, VD2$  или  $VD3$ , у которого анод имеет наибольший потенциал, а в группе диодов  $VD4$ – $VD6$  – диод с самым низким потенциалом. В момент времени  $t$ , когда в фазе  $A$  напряжение положительно и максимально, а в фазах  $B$  и  $C$  напряжения отрицательны и равны, ток в нагрузку поступает через открытый диод  $VD1$  и два диода  $VD5$  и  $VD6$ . В момент времени, когда напряжение фазы  $A$  равно нулю, фазы  $B$  – положительно, а фазы  $C$  – отрицательно, ток про-

водят диоды  $VD2$  и  $VD4$ . Остальные диоды тока не пропускают. Частота пульсаций выпрямленного двухполупериодным трехфазным выпрямителем напряжения  $U_d$  в шесть раз больше частоты переменного тока:

$$f_{\Pi} = 6f = 0,1z_p n_p,$$

где  $z_p$  – число полюсов индуктора.

Минимальное, максимальное и среднее значения выпрямленного напряжения равны соответственно  $1,5U_m$ ,  $1,73U_m$  и  $1,65U_m$  ( $U_m$  – амплитудное значение напряжения фаз). Изменение выпрямленного напряжения  $U_d = 0,23U_m = 0,139U_d$ , что при среднем значении выпрямленного напряжения 14 В составляет 1,95 В.

Коммутация в вентильных генераторах не может быть идеальной, так как ток закрывающегося диода не исчезает мгновенно, а сила тока вступающего в работу диода нарастает постепенно. Поэтому с изменением нагрузки генератора изменяются соотношения между фазными и выпрямленными напряжениями и силами тока.

Продолжительность коммутации, выражаемую в электрических градусах, называют углом  $\alpha$  коммутации.

В отличие от режима холостого хода выпрямленное напряжение в период коммутации не изменяется по огибающей фазных и линейных напряжений. Кривая выпрямленного напряжения существенно искажается из-за несинусоидальности напряжений в фазах обмотки статора, специфического действия реакции якоря, нелинейности ВАХ полупроводниковых диодов и т.д.

Важным показателем вентильного генератора является коэффициент использования  $k_i$  – отношение реальной мощности к расчетной мощности генератора. Коэффициент  $k_i$  характеризует уменьшение мощности вентильного генератора по сравнению с мощностью используемого в нем генератора переменного тока, связанное с перерывами протекания токов в фазах и процессами коммутации при их переключении на внешнюю цепь нагрузки. Коэффициент  $k_i$  зависит от числа фаз обмотки статора, угла  $\alpha$  коммутации и выбранной схемы выпрямителя.

Для лучшего использования вентильного генератора желательно выбирать трехфазную мостовую двухполупериодную схему выпрямления (см. рис. 3.11,  $\varepsilon$ ). Благодаря высокому коэффициенту использования генератора и хорошему качеству выпрямленного напряжения трехфазные мостовые схемы выпрямления получили наибольшее распространение в автотракторных вентильных генераторах. При числе фаз обмотки стартера, большем трех, их целесообразно соединять в многоугольники.

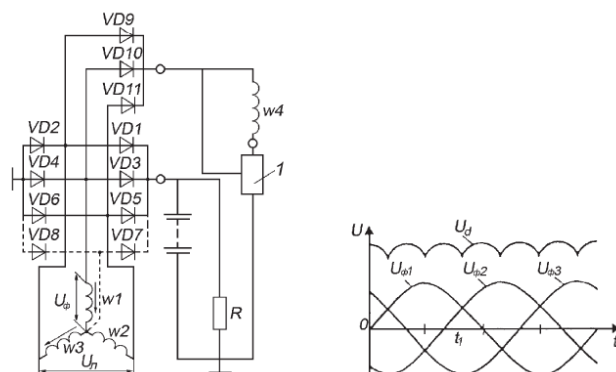
Отличительной особенностью вентильного генератора является большая, чем у коллекторных генераторов постоянного тока, амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения. Амплитуда пульсаций зависит от числа фаз генератора, выбранной схемы выпрямителя и нагрузки генератора. В тех случаях, когда не удается обеспечить допустимый уровень пульсаций за счет правильного выбора параметров генератора и схемы выпрямителя, применяют сглаживающий фильтр. Относительная пульсация выпрямленного напряжения вычисляется по формуле

$$\Delta U = (U_{d\max} - U_{d\min}) / 2U_{d0} \cdot 100\%,$$

где  $U_{d\max}$ ,  $U_{d\min}$  – максимальное и минимальное значения выпрямленного напряжения;  $U_{d0}$  – среднее значение выпрямленного напряжения в режиме холостого хода.

При работе вентильного генератора под нагрузкой амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения возрастает, что связано с затягиванием процесса коммутации с закрывающегося диода на открывающийся. При трехфазной мостовой схеме выпрямления без сглаживающих фильтров относительная пульсация напряжения может достигать 35 %. В случае пятифазной схемы выпрямления относительная пульсация напряжения при номинальных режимах работы вентильного генератора обычно не превышает 13 %. При этом, благодаря десятикратному превышению частоты основной гармоники выпрямленного напряжения по отношению к частоте напряжения самого генератора, облегчается

фильтрация выходного напряжения. На рис. 3.12 приведена схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом и ее характеристики. Обычно выпрямитель трехфазной мостовой схемы содержит шесть силовых полупроводниковых диодов  $VD1$ – $VD6$ . При необходимости форсирования мощности генератора применяется дополнительное плечо выпрямителя на диодах



**Рис. 3.12. Схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом  $VD7$ –**

#### **$VD8$ и ее характеристики:**

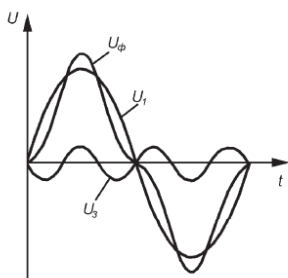
$U_{\phi 1}$ – $U_{\phi 3}$  – напряжение в обмотках фаз;  $w1$ ,  $w2$ ,  $w3$  – обмотки трех фаз статора;  $VD2$ ,  $VD4$ ,  $VD6$ ,  $VD8$  – диоды силового выпрямителя;  $VD9$ ,  $VD10$ ,  $VD11$  – диоды выпрямителя в цепи обмотки возбуждения;  $w4$  – обмотка возбуждения;  $1$  – регулятор напряжения  $VD7$  и  $VD8$  (см. рис. 3.12, штриховая линия). Такая схема выпрямления возможна только при соединении обмоток статора в звезду. У многих типов генераторов обмотка возбуждения подключается к собственному выпрямителю, собранному на диодах  $VD9$ – $VD11$ . Такое подключение обмотки возбуждения препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе.

#### **Работа выпрямителя**

В зависимости от фазных напряжений можно определить, какие диоды открыты, а какие закрыты в данный момент. Фазные напряжения  $U_{\phi 1}$ ,  $U_{\phi 2}$  и  $U_{\phi 3}$  (см. рис. 3.12) действуют соответственно в обмотках первой, второй и третьей фаз. Данные напряжения изменяются по кривым, близким к синусоидам, и в одни моменты времени они положительны, а в другие – отрицательны. Если положительное направление напряжения в фазе соответствует стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное – от нулевой точки, то, например, для момента времени  $t1$  напряжение второй фазы отсутствует, напряжение первой фазы – положительное, а третьей фазы – отрицательное. Если направление напряжений фаз соответствует стрелкам, показанным на рис. 3.12, то ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении указанных стрелок. При этом открыты диоды  $VD1$  и  $VD4$ . Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что в трехфазной системе диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление – от положительного вывода генераторной установки к массе, т.е. в нагрузке протекает постоянный (выпрямленный) ток.

Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током обмотку возбуждения. Причем в выпрямитель обмотки возбуждения тоже входят шесть диодов, но три из них  $VD2$ ,  $VD4$  и  $VD6$  – общие с силовым выпрямителем. Так, в момент времени  $t1$  открыты диоды  $VD4$  и  $VD9$ , через которые выпрямленный ток поступает в обмотку возбуждения. Сила тока значительно меньше, чем сила тока, отдаваемого генератором на нагрузку. Поэтому в качестве диодов  $VD9$ – $VD11$  применяются малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на силу тока 2 А (для сравнения, диоды силового выпрямителя допускают протекание токов силой до 25–35 А).





**Рис. 3.13. Фазное напряжение как сумма синусоид первой  $U_1$  и третьей  $U_3$  гармоник**

Принцип работы плеча выпрямителя, содержащего диоды  $VD7$  и  $VD8$ , состоит в следующем. Если бы фазные напряжения изменялись точно по синусоиде, указанные диоды вообще не участвовали бы в процессе преобразования переменного тока в постоянный. Однако в реальных генераторах форма фазных напряжений отличается от синусоиды.

Она представляет собой сумму синусоид, которые называются гармоническими составляющими или гармониками: первой, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высшими, главным образом, третьей, частота которой в 3 раза выше первой. Реальная форма фазного напряжения в виде суммы первой и третьей гармоник представлена на рис. 3.13. В линейном напряжении, которое подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе и при этом взаимно уравниваются друг друга в линейном напряжении. Следовательно, мощность, развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, не используется. Для того чтобы ее использовать, добавляют диоды  $VD7$  и  $VD8$ , присоединяемые к нулевой точке обмотки фаз, которые выпрямляют только напряжение третьей гармоники. Применение диодов  $VD7$  и  $VD8$  на 5–15 % увеличивает мощность генератора при частоте вращения ротора более 3000 мин<sup>-1</sup>.

Применение в регуляторе напряжения электронных элементов и особенно интегральных микросхем, т.е. применение полевых транзисторов или выполнение всей схемы регулятора на монокристалле кремния, потребовало введения в генераторную установку элементов защиты ее от всплесков высокого напряжения, например при внезапном отключении аккумуляторной батареи или сбросе нагрузки. Такая защита обеспечивается заменой диодов силового выпрямительного моста стабилитронами.

Отличие стабилитрона от выпрямительного диода состоит в том, что при воздействии на него напряжения в обратном направлении он не пропускает ток лишь до определенной величины этого напряжения, называемого напряжением стабилизации. Обычно в силовых стабилитронах напряжение стабилизации составляет 25–30 В. При достижении такого напряжения стабилитроны пробиваются, т.е. начинают пропускать ток в обратном направлении, причем в определенных пределах изменения силы этого тока напряжение на стабилитроне и, следовательно, на выводах генератора остается неизменным, не достигая опасных для электронных элементов значений.

Применение в генераторах обмоток статора многофазного исполнения, например пятифазного, ничего принципиально не меняет в работе выпрямителя. Выпрямитель в данном случае содержит десять диодов, пульсации выпрямленного напряжения при этом снижаются по сравнению с трехфазной системой.

В вентильном генераторе диоды выпрямителя не проводят ток от аккумуляторной батареи к обмотке статора, в результате отсутствует необходимость в реле обратного тока, что значительно упрощает схему генераторной установки.

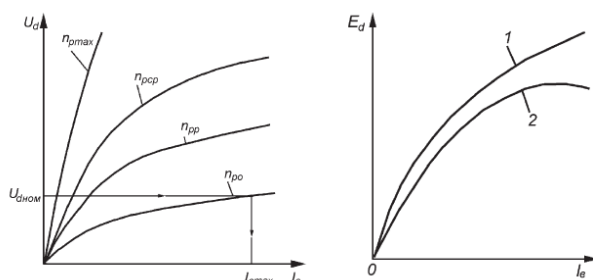
В обмотку возбуждения может подаваться ток аккумуляторной батареи. Поэтому возможен разряд батареи на обмотку при длительной стоянке автомобиля. Присоединение обмотки возбуждения к дополнительному выпрямителю имеет также негативную сторону, связанную с самовозбуждением генератора.

Самовозбуждение генератора происходит при выполнении ряда условий: наличия в генераторе остаточного магнитного потока при отсутствии тока возбуждения; достаточно низкого сопротивления цепи возбуждения.

Если рассмотренные условия не выполняются, то напряжение генератора в рабочем диапазоне частот вращения ротора может не появиться.

#### 3.4.1. Характеристика холостого хода

Зависимость выпрямленного напряжения  $U_d$  (рис. 3.14) от силы тока возбуждения  $I_b$  при отключенной нагрузке и постоянной частоте вращения ротора  $n_r$  называют характеристикой вентильного генератора в режиме холостого хода. В режиме холостого хода выпрямленное напряжение равно ЭДС  $E_d$ . Характеристики вентильного генератора в режиме холостого хода получают при независимом возбуждении. На рис. 3.15 даны характеристики индукторного генератора в режиме холостого хода. Характеристики  $I$  имеют индукторные генераторы с ненасыщенной магнитной системой.



**Рис. 3.14. Характеристики вентильного генератора в режиме холостого хода:**

$n_{r\max}$ ,  $n_{rsr}$ ,  $n_{rr}$ ,  $n_{ro}$  – частоты вращения ротора соответственно максимальная, средняя, расчетная и начала отдачи;  $U_d$  ном – выпрямленное номинальное напряжение

**Рис. 3.15. Характеристики тракторного индукторного генератора в режиме холостого хода**

При насыщении зубцов статора и ротора уменьшается амплитуда переменной составляющей магнитного потока, что приводит к снижению ЭДС  $E_d$  при токах возбуждения большой силы (кривая 2).

Внешние характеристики представляют собой зависимости выпрямленного напряжения  $U_d$  (рис. 3.16) от силы тока нагрузки  $I_n$  при постоянстве частоты вращения ротора, напряжения на выводах обмотки возбуждения и ее сопротивления. При увеличении нагрузки выпрямленное напряжение падает под действием реакции якоря, падения напряжения в цепи статора (якоря) и в выпрямителе, причем падение напряжения в обмотках статора значительно и зависит от частоты вращения ротора.

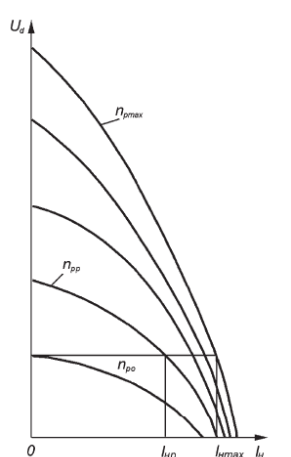
Внешние характеристики определяются при самовозбуждении и независимом возбуждении. Снижение напряжения при увеличении нагрузки происходит не только на активном, но и на индуктивном сопротивлениях обмоток статора. В случае самовозбуждения добавляется также падение напряжения на обмотке возбуждения.

Размагничивающее действие реакции якоря уменьшает магнитный поток в рабочем воздушном зазоре.

Из внешних характеристик определяется максимальная сила тока  $I_{n\max}$ , которая создается при заданном или регулируемом значении напряжения.

#### 3.4.3. Скоростная регулировочная характеристика

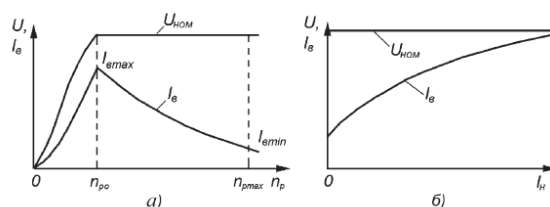




**Рис. 3.16. Внешние характеристики вентильных генераторов:**

$I_{нр}$ ,  $I_{нmax}$  – соответственно расчетное и максимальные значения силы тока нагрузки

Скоростная регулировочная характеристика (рис. 3.17, а), представляющая собой зависимость силы тока возбуждения  $I_b$  от частоты вращения ротора при постоянстве напряжения генератора, обычно определяется при нескольких значениях силы тока нагрузки.



**Рис. 3.17. Зависимости напряжения генератора и силы тока  $I_b$  возбуждения:**

а – от частоты вращения ротора; б – от силы тока нагрузки;  $U_{ном}$  – номинальное напряжение

Минимальная сила тока возбуждения определяется при силе тока нагрузки, равной нулю, и максимальной частоте вращения ротора генератора. Скоростные регулировочные характеристики позволяют определить диапазон изменения силы тока возбуждения с изменением нагрузки при постоянном напряжении.

При постоянном номинальном напряжении  $U_{ном}$  с увеличением частоты вращения  $n_p$  ротора генератора сила тока  $I_b$  возбуждения должна уменьшаться (рис. 3.17, а), а при увеличении силы тока нагрузки  $I_n$  – возрастать (рис. 3.17, б).

Напряжение генератора необходимо поддерживать постоянным в диапазоне частот вращения от  $n_{p0}$  до  $n_{pmax}$ . Сила тока возбуждения будет изменяться от  $I_{bmax}$  до  $I_{bmin}$ . Кратность регулирования по частоте вращения для автомобильных генераторов составляет 6–8, а кратность регулирования по силе тока возбуждения ( $kI = I_{bmax}/I_{bmin}$ ) – 15–20.

Кратность регулирования по силе тока возбуждения больше, чем кратность регулирования по частоте вращения, потому что характеристика намагничивания генератора имеет нелинейный характер.

Обычно у вентильных генераторов имеет место глубокое насыщение магнитной цепи. Наибольшая кратность регулирования по току возбуждения возможна в режиме холостого хода.

На автомобилях ЗИЛ с дизелями генераторная установка имеет два уровня напряжения (14 и 28 В). Для получения второго уровня напряжения используется трансформаторно-выпрямительный блок (рис. 3.50, з). В этом случае регулируется только первый уровень напряжения 14 В. Второй уровень обеспечивается трансформированием и выпрямлением в блоке переменного напряжения генератора. Коэффициент трансформации трансформаторно-выпрямительного блока близок к единице.

В любой из приведенных на рис. 3.50 схем может быть применен помехоподавительный конденсатор, включаемый между выводом "+" генератора и массой.

Лампа *HL* (см. рис. 3.50, д) одновременно является элементом контроля работоспособности генераторной установки. На стоянке автомобиля при включении выключателя *S* зажигания контрольная лампа загорается. После пуска двигателя вывод "Д" генератора находится под напряжением, близким к напряжению аккумуляторной батареи, и контрольная лампа гаснет.

На схемах рис. 3.50, а и в для контроля работоспособности генераторной установки служит реле *KV* с размыкающими контактами *KV :1*, через которые подводится напряжение к контрольной лампе *HL*. Лампа загорается после включения выключателя *S* зажигания и гаснет после пуска двигателя, так как напряжение генератора, к нулевой точке 0 обмотки статора которого подключено реле, размыкает контакты реле и отключает контрольную лампу. Если лампа при работающем двигателе горит, значит, генераторная установка неисправна.

На рис. 3.50, ж приведена схема генератора с пятифазной обмоткой статора и размагничивающей обмоткой в системе возбуждения.

Размагничивающая обмотка создает встречный магнитный поток по отношению к обмотке возбуждения, что позволяет расширить диапазон работы генераторных установок со смешанным магнитно-электромагнитным возбуждением по частоте вращения ротора.

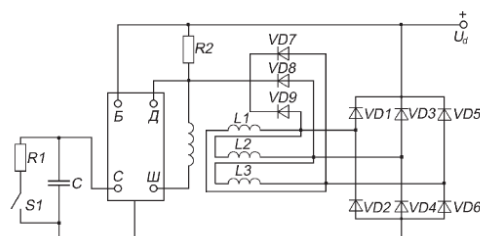


Рис. 3.51. Схема тракторной генераторной установки 46.3701

Регулятор 1 напряжения поддерживает заданный уровень напряжения не на силовом выводе "+" генератора, а на выводе "Д" дополнительного выпрямителя. В схеме исключен разряд аккумуляторной батареи через регулятор.

В схеме, приведенной на рис. 3.50, з, контрольная лампа подключена к реле, к которому подводится переменное напряжение генератора. Реле одновременно выполняет функции реле блокировки стартера.

Схемы тракторной генераторной установки с генератором 46.3701 приведена на рис. 3.51. работоспособный аккумуляторная батарея с электролитом, натурные аккумуляторные батареи, денсиметр, стеклянная трубка, нагрузочная вилка, термометр, мерная посуда, резиновая груша, зарядное устройство.

Таблица 2.1

Рекомендуемые пределы регулирования напряжения

Климатическая зона со средней месячной температурой воздуха в январе, °С	Время года	Номинальное напряжение в сети трактора или автомобиля, В	Регулируемое напряжение, В	
			при наружной установке батареи	при подкапотной установке батареи
Очень холодная, холодная от -50 до -15	Зима	12	14,5...15,5	14,2...15,0
		24	29,0...31,0	—
	Лето	12	13,8...14,8	13,2...14,2
		24	27,0...29,0	—
Умеренная от -15 до -4	Круглый год	12	13,8...14,8	13,2...14,2
		24	27,0...29,0	—
Жаркая, теплая влажная от -15 до +6	Круглый год	12	13,2...14,0	13,0...14,0
		24	26,0...28,0	—

Подрегулировка регулятора напряжения производится в тех случаях, когда продолжительное время наблюдается недозаряд или перезаряд аккумуляторной батареи. Внешним проявлением перезаряда является интенсивное выкипание электролита, что требует частой доливки в батарею дистиллированной воды.

На производимых в настоящее время тракторах МТЗ-80/82 применяется трехфазный индукторный генератор переменного тока 46.3701, имеющий номинальную мощность 760 Вт, максимальный ток – 56 А. Соединение фаз в генераторе выполнено по схеме «треугольник». Интегральный регулятор напряжения Я112Б обеспечивает регулирование напряжения в положении «лето» в пределах 13,2...14,1 В, а в положении «зима» – 14,3...15,2 В (переключение осуществляется винтом).

Электрическая схема генераторной установки на базе генератора 46.3701 показана на рис. 2.4.

Переключатель посезонной регулировки (ППР) «зима–лето» предназначен для быстрого изменения регулируемого напряжения

### Порядок выполнения работы

1. По плакатам и натурным узлам изучить устройство и работу генераторных установок постоянного и переменного тока.
2. Заэскизировать бесконтактный индукторный генератор и генератор с вращающейся обмоткой возбуждения.
3. По указанию преподавателя составить электрическую схему генераторной установки переменного тока.
4. Включить передние и задние фары ходового трактора (нагрузка токовая около 20 А) и с помощью тестера определить напряжение в его бортовой сети при неработающем двигателе. Запустить двигатель и, установив частоту вращения коленчатого вала  $600 \text{ мин}^{-1}$  (определяется по тахометру), определить напряжение в бортовой сети. Увеличивая частоту вращения двигателя с шагом  $100 \text{ мин}^{-1}$ , снимать показания тестера. Повторить опыты при другом положении

Т а б л и ц а 2.2

Результаты проверки напряжений в бортовой сети трактора

Частота вращения двигателя трактора, мин <sup>-1</sup>		600	700	800	...	2300	2400
Напряжение в бортовой сети трактора (В) при переключателе посезонной регулировки в положении	«Лето»						
	«Зима»						

5. Выключить фары трактора, заглушить двигатель. Отключить бортовую электрическую сеть трактора от «массы».

Содержание отчета

1. Эскизы двух типов генераторов переменного тока.
2. Электрическая схема генераторной установки переменного тока.
3. Результаты проверки напряжения в бортовой сети ходового трактора (в виде таблицы опытных данных и графических зависимостей).
4. Выводы по работе.

1.2.5. Форма отчета.

6. Дата и тема работы.
7. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
8. Исходные данные для расчета.
9. Результаты расчетов.
10. График (на миллиметровой бумаге).

1.2.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

### 1.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

**Тема:** «Проверка технического состояния регуляторов напряжения»

**1.3.1 Цель работы:** Изучение конструкции реле-регуляторов, их техническая характеристика, способы проверки аккумуляторных батарей и методы их зарядки.

#### 1.3.2 Задачи работы:

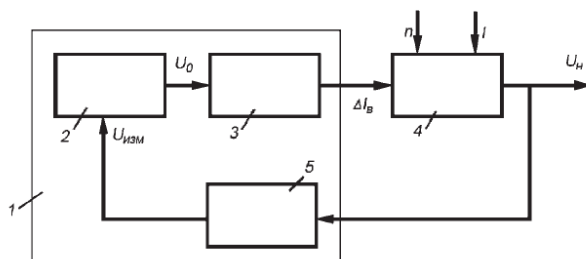
1. Изучить устройство наиболее распространенных реле-регуляторов.
2. Снять показания при работе реле-регулятора совместно со стартером.

#### 1.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный реле-регулятор.

#### 1.3.4 Описание (ход) работы:

##### Регулятор напряжения

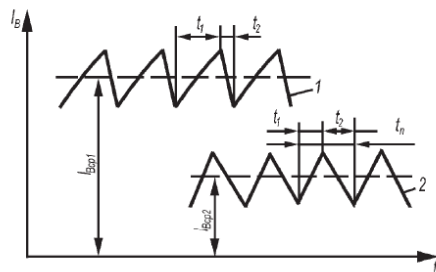


**Рис. 3.29.** Схема регулирования напряжения генератора

Сигнал  $U_0$ , который изменяет силу тока возбуждения на величину  $\Delta I_v$  до тех пор, пока напряжение генератора не будет равно заданному.

На автомобилях применяют регуляторы напряжения дискретного действия. Как только напряжение генератора превышает заданный уровень, регулятор напряжения размыкает цепь электроснабжения обмотки возбуждения и вводит в эту цепь дополнительный резистор.

В результате сила тока возбуждения и напряжение генератора начинают уменьшаться (рис. 3.30). При определенном нижнем уровне напряжения регулятор вновь замыкает цепь питания обмотки возбуждения, и напряжение генератора повышается.



**Рис. 3.30.** Кривые изменения силы тока возбуждения  $I_v$  генератора во времени  $t$  при различных частотах вращения ротора:

1, 2 – соответственно при большей  $n_{p1}$  и меньшей  $n_{p2}$  частоте вращения ротора

Далее процессы переключения периодически повторяются. Частота регулируемого напряжения должна быть выше 25–30 Гц, чтобы пульсации напряжения не вызывали за-

метных для глаз колебаний стрелок контрольно-измерительных приборов и мигания света ламп приборов освещения и световой сигнализации. При заметном пульсировании силы тока  $I_b$  возбуждения и напряжения  $U_n$  генератора их средние значения  $I_{бср}$  и  $U_{нср}$  для заданных значений частот вращения ротора и силы тока нагрузки остаются постоянными.

С увеличением частоты вращения ротора генератора ( $n_{p2} > n_{p1}$ ) относительное время  $t_1$  включения цепи питания обмотки возбуждения в течение периода  $t_p$  уменьшается, а время  $t_2$  отключения обмотки возбуждения от источника электроэнергии – увеличивается, поэтому среднее значение силы тока  $I_{бср}$  возбуждения, при котором стабилизируется напряжение, будет меньше ( $I_{бср2} < I_{бср1}$ ). С увеличением силы тока нагрузки генератора относительное время разомкнутого состояния цепи электроснабжения обмотки возбуждения уменьшается.

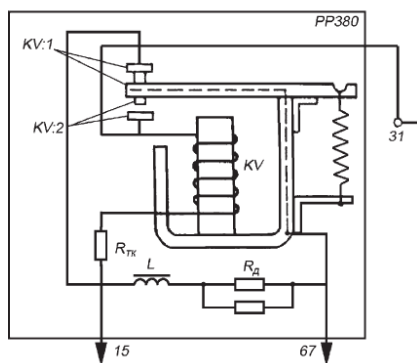
Включение и отключение обмоток возбуждения в электронных регуляторах обычно осуществляется выходным транзистором, соединенным последовательно с обмоткой возбуждения.

Схема вибрационного регулятора РР380 автомобилей приведена на рис. 3.31. В вибрационном регуляторе напряжения эталонной величиной является сила натяжения пружины, отжимающей якорь реле от его сердечника. Измерительный элемент регулятора – обмотка  $KV$  на сердечнике магнитопровода, которая воспринимает напряжение генератора.

У регулятора РР380 имеются две пары контактов (размыкающие  $KV : 1$  и замыкающие  $KV : 2$ ), с помощью которых осуществляется двухступенчатое регулирование.

При замыкании контактов выключателя зажигания обмотка возбуждения через размыкающие контакты  $KV : 1$  регулятора снабжается электроэнергией от аккумуляторной батареи, в результате чего обеспечивается возбуждение генератора.

После пуска двигателя частота вращения вала генератора увеличивается, напряжение возрастает. Соответственно возрастает сила тока в обмотке регулятора напряжения, магнитный поток в магнитопроводе и сила, с которой якорь электромагнита притягивается к сердечнику.



**Рис. 3.31. Схема вибрационного регулятора напряжения РР380**

Контакты  $KV : 1$  размыкаются, когда сила притяжения якоря к сердечнику превысит препятствующую этому силу натяжения пружины. При размыкании контактов  $KV : 1$  в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор  $R_д$ , сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. Когда напряжение становится ниже регулируемого, пружина возвращает якорь в исходное положение, контакты  $KV : 1$  вновь замыкаются и шунтируют резистор  $R_д$ , сила тока в обмотке возбуждения возрастает, напряжение повышается. Далее процесс повторяется.

Начиная с определенной частоты вращения ротора, напряжение на выводах генератора возрастает настолько, что под действием силы притяжения якоря к сердечнику замыкаются контакты  $KV : 2$ . Обмотка возбуждения замыкается на массу. Сила тока возбуждения и напряжение уменьшаются, пружина размыкает контакты  $KV : 2$ , и обмотка возбуждения вновь оказывается включенной в цепь питания, что приводит к повышению напряжения генератора.



Резистор  $R_{тк}$ , включенный последовательно в цепь обмотки электромагнита регулятора, осуществляет его температурную компенсацию, т.е. снижает зависимость регулируемого напряжения от температуры. Резистор  $R_{тк}$  изготовлен из провода, сопротивление которого мало изменяется с изменением температуры.

### Схема генераторной установки

Наиболее распространенные схемы генераторных установок с вентильными генераторами приведены на рис. 3.50. У генераторов, предназначенных для работы в комплекте с вибрационными, контактно-транзисторными регуляторами напряжения, а также бесконтактными транзисторными регуляторами, разработанными для замены конкретных типов вибрационных и контактно-транзисторных регуляторов, один вывод обмотки возбуждения соединен с массой, а другой, обычно маркируемый буквой "Ш", с регулятором напряжения 1 (рис. 3.50, а). Обозначения выводов на рис. 3.50, приведенные в скобках, относятся к генераторным установкам автомобилей ВАЗ.

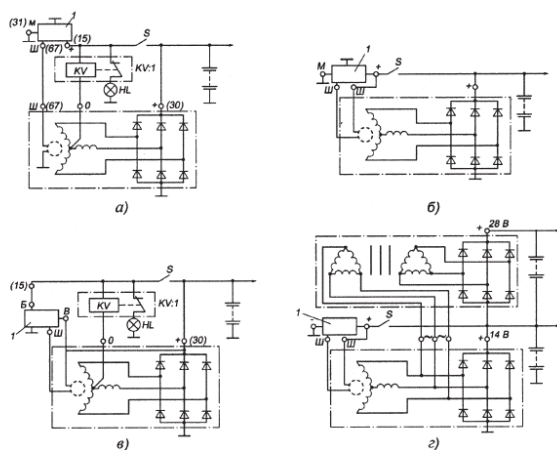
В генераторах, напряжение которых стабилизируется на определенном уровне регуляторами напряжения на кремниевых полупроводниковых элементах, обмотка возбуждения соединена с выводом "+" сети и регулятором напряжения (рис. 3.50, б–г).

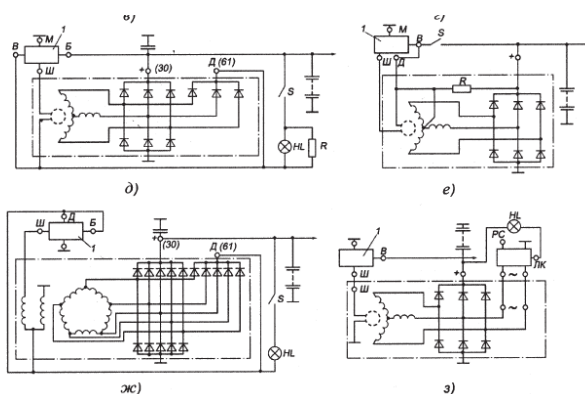
Для того чтобы исключить разряд аккумуляторной батареи на стоянке, цепь обмотки возбуждения в схемах на рис. 3.50, а, б и г включается в бортовую электросеть через выключатель зажигания  $S$ . Однако контакты выключателя при такой схеме коммутируют ток до 5 А, что приводит к снижению срока их службы. Поэтому в схеме на рис. 3.50, в через выключатель зажигания  $S$  замыкается лишь цепь управления регулятора напряжения, по которой протекает ток силой в несколько долей ампера. Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле в выключенное состояние и ток не поступает в обмотку возбуждения.

В схеме на рис. 3.50, д обмотка возбуждения подключена к выводу "Д" дополнительного выпрямителя. Аккумуляторная батарея на стоянках автомобиля не может разряжаться на обмотку возбуждения, так как она к ней не подключена. В схему введена лампа  $HL$ , через которую в обмотку возбуждения поступает ток небольшой силы от аккумуляторной батареи. На случай перегорания лампы параллельно ей подключен резистор.

Напряжение  $U_d$  на выходе вентильного генератора регулируется изменением силы тока возбуждения. Обмотка возбуждения получает питание через регулятор напряжения от двухполупериодного силового выпрямителя или подключается к дополнительному выпрямителю.

Регулятор напряжения 1 (рис. 3.29) генератора 4 содержит элементы: сравнения 2, регулирующий 3 и измерительный 5. Измерительный элемент 5 преобразует напряжение генератора в сигнал  $U_{изм}$ , который в элементе 2 сравнивается с заданным значением. При наличии разности указанных напряжений на вход регулирующего элемента 3.





**Рис. 3.50. Схемы генераторных установок с вентильным генератором**

Схема, приведенная на рис. 3.50, *е*, характерна для генераторных установок номинальным напряжением 28 В. В этой схеме обмотка возбуждения подключена к нулевой точке 0 обмотки статора генератора, поэтому подаваемое на обмотку возбуждения напряжение в 2 раза меньше напряжения генератора. При этом импульсы напряжения, возникающие при работе генераторной установки, меньше, что повышает надежность полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор  $R$  гарантированно обеспечивает возбуждение генератора.

Основное преимущество контактно-транзисторных регуляторов перед вибрационными — большой срок службы контактных пар. В контактно-транзисторных регуляторах ток возбуждения проходит через силовой транзистор. Функция контактной пары электромагнитного реле сводится к коммутированию тока управления транзистором небольшой силы, который работает в режиме ключа. Контакты электромагнита включены в цепь базы транзистора и выполняют функции органа управления. Чувствительным элементом регулятора напряжения является обмотка электромагнита, находящаяся под напряжением генератора.

При напряжении генератора, меньшем регулируемого, контакты замкнуты, а благодаря наличию тока базы транзистор открыт. Сопротивление цепи возбуждения определяет только сопротивление самой обмотки возбуждения. С увеличением частоты вращения ротора напряжение генератора возрастает.

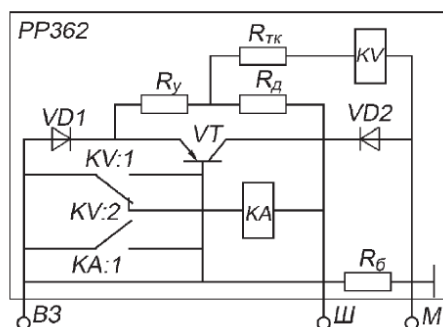
При напряжении генератора, большем регулируемого, электромагнит преодолевает сопротивление пружины и контакты замыкаются, шунтируя переход эмиттер–база транзистора. Транзистор запирается, а сопротивление цепи возбуждения увеличивается, так как ток возбуждения должен проходить через добавочный резистор.

Уменьшение силы тока возбуждения вызывает уменьшение магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Это, в свою очередь, приводит к ослаблению усилия электромагнита, и в какой-то момент контакты разомкнутся. Данный процесс периодически повторяется. Напряжение генератора колеблется около заданного регулируемого напряжения.

Примером контактно-транзисторного регулятора напряжения может служить реле-регулятор РР362 (рис. 3.32). Функцию регулирующего устройства реле выполняет транзистор  $VT$ , который через диод  $VD1$  включен в цепь возбуждения. Управление транзистором осуществляет электромагнитное реле с двумя парами контактов  $KV:1$  и  $KV:2$ . Реле имеет одну основную обмотку  $KV$  управления и включено по схеме с ускоряющим и выравнивающим резисторами. Функции выравнивающего резистора выполняет диод  $VD1$ , который одновременно обеспечивает надежный перевод транзистора в состояние отсечки. Необходимая степень насыщения транзистора обеспечивается подбором сопротивления резистора  $Rб$ , по которому протекает ток базы. При включении выключателя зажигания в цепи эмиттер–база транзистора через диод смещения  $VD1$  и резистора в цепи базы  $Rб$  начинает протекать ток от аккумуляторной батареи. Транзистор  $VT$  открывается и к источ-



нику электроснабжения через диод  $VD1$  и переход эмиттер–коллектор транзистора подключается обмотка возбуждения.



**Рис. 3.32. Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения PP362**

Напряжение генератора подводится к обмотке  $KV$  через диод  $VD1$ , ускоряющий резистор  $R_y$  и резистор термокомпенсации  $R_{TK}$ . При повышении частоты вращения ротора генератора напряжение возрастает.

Контакты  $KV :1$  замыкаются. Переход эмиттер–база оказывается смещенным в обратном направлении (потенциал эмиттера ниже потенциала базы на величину падения напряжения на диоде  $VD1$ ). Обратное смещение этого перехода прерывает протекание тока в цепи базы транзистора и переводит его в состояние отсечки. Ток в обмотку возбуждения поступает через ускоряющий  $R_y$  и добавочный  $R_d$  резисторы, что приводит к снижению силы тока и напряжения генератора.

Уменьшение напряжения вызывает размыкание контактов  $KV :1$  и отпирание транзистора  $VT$ . Обмотка возбуждения снова подключается к источнику электроснабжения через открытый транзистор  $VT$ .

Сила тока возбуждения и напряжение генератора возрастают. Далее процесс периодически повторяется.

Обмотка возбуждения генератора шунтирована диодом  $VD2$ , что бы исключить перенапряжения на транзисторе  $VT$ , возникающие при коммутации цепи возбуждения.

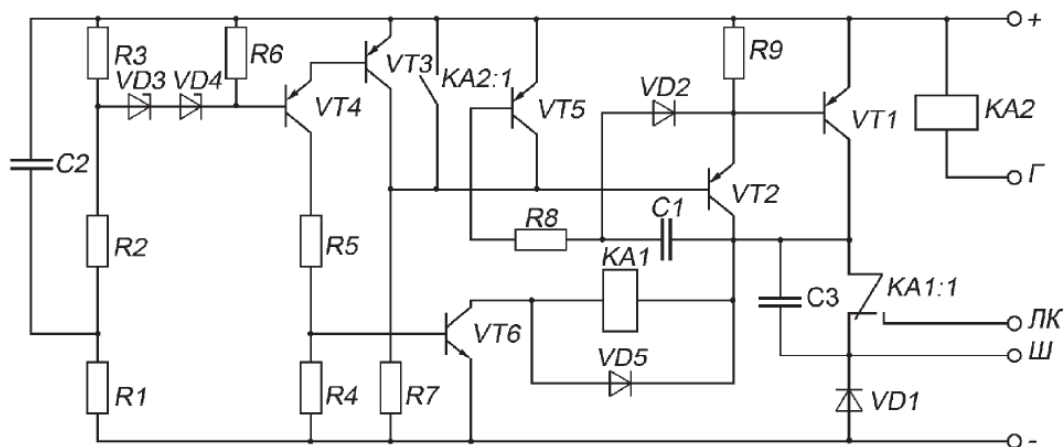
Ускоряющий резистор  $R_y$  является элементом жесткой обратной связи. Когда транзистор  $VT$  находится в состоянии насыщения, через резистор  $R_y$  протекает ток обмотки электромагнитного реле  $KV$ . При закрытом транзисторе сила этого тока складывается с силой тока обмотки возбуждения. Следовательно, при переходе транзистора в состояние отсечки падение напряжения на резисторе  $R_y$  резко возрастает, что приводит к скачкообразному изменению напряжения на обмотке  $KV$  электромагнита. Время разомкнутого состояния контактов  $KV :1$  сокращается и, как следствие, повышается частота их вибрации и уменьшается амплитуда колебаний регулируемого напряжения.

Полупроводниковые элементы регуляторов напряжения должны быть защищены от токовых перегрузок и опасных импульсов напряжения. Перегрузки могут возникнуть при замыкании выводов генераторной установки между собой или на массу, а также при обрыве монтажных проводов. В регуляторе напряжения PP362 предусмотрена защита транзистора от перегрузки при замыкании вывода "Ш" на массу, когда обмотка возбуждения оказывается замкнутой накоротко. В этом случае к переходу эмиттер–коллектор транзистора  $VT$  подводится полное напряжение генератора и транзистор может выйти из строя вследствие теплового пробоя.

При исправном состоянии генераторной установки обмотка реле  $KA$  защиты или отсоединена от цепи электроснабжения, когда контакты  $KV :2$  разомкнуты, или подключена к этой цепи через обмотку возбуждения. В первом случае ток в обмотке реле  $KA$  отсутствует. Во втором случае из-за наличия сопротивления обмотки возбуждения сила тока в цепи электроснабжения обмотки реле защиты  $KA$  будет недостаточна для его срабатывания (замыкания контактов  $KA :1$ ).

При замыкании накоротко обмотки возбуждения напряжение на выводах генератора и обмотки реле *KV* уменьшается, что приводит к замыканию контактов *KV :2*. Обмотка *KA* реле защиты подключается непосредственно к источнику электроснабжения, минуя замкнутую накоротко обмотку возбуждения генератора. Сила тока в обмотке реле *KA* возрастает, реле срабатывает, контакты *KA :1* замыкаются, что приводит к переходу транзистора *VT* в режим отсечки и прекращению протекания через его эмиттер-коллекторный переход токов большой силы.

В контактно-транзисторном регуляторе напряжения 21.3702 (рис. 3.33) коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляет

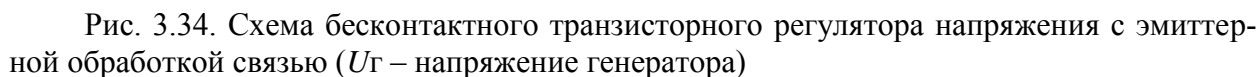


**Рис. 3.33. Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения 21.3702**

При превышении уровня настройки регулятора контакты *KA2:1* замыкаются. Транзистор *VT1* переходит в режим отсечки и прерывает ток в обмотке возбуждения. При снижении уровня напряжения генератора до уровня напряжения возврата контакты *KA2 :1* размыкаются, транзисторы переходят в режим насыщения и ток снова поступает в обмотку возбуждения. Далее процесс повторяется. При выходе транзистора *VT1* из строя электромагнитное реле с обмоткой *KA1* и контактами *KA1 :1* обеспечивает регулирование напряжения генератора по вибрационному принципу.

Основу бесконтактных транзисторных регуляторов напряжения составляют транзисторные реле с эмиттерной и коллекторной обратной связью.

Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обратной связью приведена на рис. 3.34. Измерительным органом регулятора является цепь *R1–R2–R3–VD1*, регулирующим устройством – транзисторное реле с эмиттерной обратной связью (транзисторы *VT1*, *VT2*, диод *VD2*, резисторы *R3*, *R4* и резистор обратной связи *R0.c*). Нагружено транзисторное реле обмоткой *w1* возбуждения генератора, шунтированной гасящим диодом *VD3*.



Поскольку сопротивление резистора  $R_{0.c}$  и падение напряжения на диоде  $VD2$  невелики, то можно считать, что к обмотке возбуждения подается практически полное напряжение генератора, что обеспечивает необходимое самовозбуждение и увеличение напряжения генератора.

При напряжении генератора, равном напряжению срабатывания транзисторного реле, в цепи  $R3-VD1$  возникает сила тока стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора  $VT1$  достигает порогового значения, и транзистор переходит из состояния отсечки в состояние насыщения, шунтируя переход эмиттер–база транзистора  $VT2$ . Транзистор  $VT2$  закрывается, сила тока возбуждения уменьшается (сила тока определяется ЭДС самоиндукции, индуцируемой в обмотке возбуждения), что приводит к уменьшению создаваемого обмоткой возбуждения магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Уменьшение силы тока возбуждения вызывает скачкообразное повышение входного напряжения на транзисторе  $VT1$  и более быстрое переключение его из состояния отсечки в состояние насыщения. Необходимое смещение эмиттерного перехода транзистора  $VT2$  при его переключении в состояние отсечки обеспечивается подбором параметров цепи  $VD2-R5$ .

Как только напряжение генератора достигает напряжения возврата транзисторного реле, стабилитрон  $VD1$  закрывается, транзистор  $VT1$  переходит в состояние отсечки, а транзистор  $VT2$  – из состояния отсечки в состояние насыщения, что обуславливает повышение силы тока возбуждения и напряжения генератора. Релейный эффект в регуляторе достигается посредством резистора  $R_o$ , обеспечивающего положительную обратную связь.

Регулятор напряжения с коллекторной обратной связью, схема которого приведена на рис. 3.35, *а*, содержит фильтр, функции которого выполняет катушка индуктивности  $L$ , измерительное устройство с резисторами  $R1$ ,  $R2$ ,  $R4$  и стабилитроном  $VD1$  и регулирующее устройство – транзисторное реле, содержащее транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$ , диод  $VD2$ , и резисторы  $R5$ ,  $R6$  и  $R3$ .

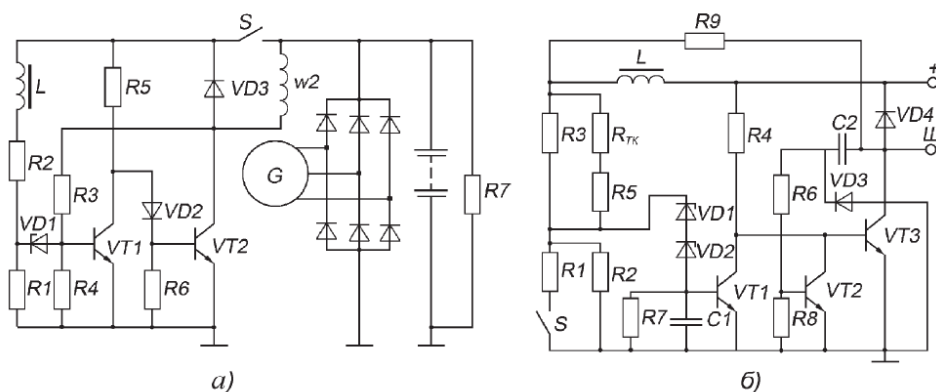


Рис. 3.35. Схемы транзисторных регуляторов с коллекторной обратной связью

Напряжение генератора регулируется по среднему выпрямленному напряжению  $U_d$ . В регуляторе напряжения используются кремниевые транзисторы  $n-p-n$  типа. Так как кремниевые транзисторы имеют сравнительно высокое пороговое напряжение, то нет необходимости создавать отрицательное смещение на их эмиттерных переходах.

Коллекторная обратная связь осуществляется через резистор  $R_3$ , включенный между коллектором транзистора  $VT_2$  и базой транзистора  $VT_1$ . При напряжении  $U_d$ , равном напряжению срабатывания реле, по цепи  $VD_1-R_4$  протекает ток стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора  $VT_1$  достигает порогового значения. Транзистор  $VT_1$  начинает переключаться из состояния отсечки в состояние насыщения. Транзистор  $VT_2$  переходит в состояние отсечки. При этом потенциал коллектора  $VT_2$  возрастает, сила тока в цепи  $R_3-R_4$  увеличивается, что приводит к скачкообразному повышению напряжения на эмиттерном переходе транзистора  $VT_1$  и резкому переключению его в состояние насыщения. Напряжение на переходе эмиттер–коллектор транзистора  $VT_1$  также скачкообразно уменьшается. Диод  $VD_2$  надежно обеспечивает переход транзистора  $VT_2$  в состояние отсечки.

При напряжении  $U_d$ , равном напряжению возврата, стабилитрон  $VD_1$  и транзистор  $VT_1$  закрываются. Потенциал коллектора транзистора  $VT_2$  и сила тока обратной связи уменьшаются, что приводит к скачкообразному снижению напряжения на эмиттерном переходе транзистора  $VT_1$  и резкому переключению его из состояния насыщения в состояние отсечки.

В схеме регулятора напряжения, приведенной на рис. 3.35, б, предусмотрена защита от коротких замыканий в обмотке возбуждения.

Так как регулятор предназначен для работы в генераторной установке напряжением 28 В, в нем установлены два стабилитрона  $VD_1$  и  $VD_2$ .

Для обеспечения стабильности регулируемого напряжения с изменением температуры в делителе напряжения предусмотрен резистор  $R_{тк}$ . Кроме того, в регулятор напряжения входит переключатель  $S$  (зима–лето) для изменения уровня регулируемого напряжения.

Защиту регулятора напряжения от коротких замыканий обмотки возбуждения обеспечивают транзистор  $VT_2$ , цепочка  $C_2-R_6-R_8$  и диод  $VD_3$ .

При замыкании накоротко обмотки возбуждения транзистор  $VT_3$  переключается в активное состояние. В этом режиме на транзисторе выделяется большая мощность и резко повышается его температура, что ведет к тепловому пробое переходов и отказу регулятора напряжения. Защита необходима, чтобы уменьшить время нахождения транзистора  $VT_3$  в активном состоянии.

Как только возникает короткое замыкание обмотки возбуждения, происходит заряд конденсатора  $C_2$  по цепи "+" генератора – вывод "III" –  $C_2-R_6-R_8$  – масса. Напряжение на резисторе  $R_8$  становится достаточным, чтобы переключить транзистор  $VT_2$  в состояние насыщения, а транзистор  $VT_3$  в состояние отсечки. Транзистор  $VT_2$  будет находиться в

состоянии насыщения до тех пор, пока напряжение на резисторе  $R8$  не станет равным пороговому напряжению.

По истечении времени насыщения транзистор  $VT2$  переключается в состояние отсечки, а транзистор  $VT3$  переходит в активное состояние.

Конденсатор  $C2$  начнет разряжаться по цепи  $VT3$ – $VD3$ . После разряда конденсатор  $C2$  вновь заряжается, и транзистор  $VT2$  переходит в состояние насыщения, а транзистор  $VT3$  – в активное состояние. В результате время нахождения транзистора  $VT3$  в активном состоянии резко уменьшается и, соответственно, уменьшается мощность рассеяния транзистора.

Составные транзисторы применяют для повышения коэффициента усиления по току и входного сопротивления. Эмиттером составного транзистора  $VT2$ – $VT3$  в схеме регулятора (рис. 3.36) является эмиттер транзистора  $VT3$ , а базой – база транзистора  $VT2$ . Коллекторы обоих транзисторов соединены между собой. Два транзистора, включенные по схеме составного транзистора (схема Дарлингтона), могут рассматриваться как один с большим коэффициентом усиления.

Применение составного транзистора позволяет снизить силу его базового тока, а следовательно, исключить применение в цепи базы резистора с большим сопротивлением и снизить рассеиваемую мощность в регуляторе, что способствует уменьшению его размеров.

Регулятор имеет жесткую эмиттерную обратную связь через резистор  $R7$  и гибкую коллекторную по цепи  $R9$ – $C1$ . Конденсатор  $C2$  выполняет функции фильтра. Применение гибкой обратной связи ускоряет процессы переключения транзисторов. Если составной транзистор находится в состоянии насыщения, ток в цепи  $R9$ – $C1$ – $R4$  отсутствует. При переходе составного транзистора в состояние отсечки потенциал его коллектора резко возрастает. В цепи  $R9$ – $C1$ – $R4$  – эмиттерный переход транзистора  $VT1$  возникает импульс тока, ускоряющий процесс переключения транзисторов  $VT1$  и  $VT3$ . При переключении транзистора  $VT3$  из состояния отсечки в состояние насыщения конденсатор  $C1$  разряжается по цепи  $R9$ – $VT3$ – $VT1$ , создавая импульсы обратной полярности в эмиттерном переходе транзистора  $VT1$ .

Процесс переключения транзистора  $VT1$  из состояния насыщения в состояние отсечки ускоряется. По рассмотренной принципиальной схеме выполнены регуляторы Я112 и Я120 и их модификации.

Применение составного транзистора в регуляторе напряжения приводит к повышению частоты вращения ротора начала отдачи генератора, так как падение напряжения на составном транзисторе больше, чем на обычном транзисторе. Для снижения частоты вращения ротора в регуляторах напряжения применяют каскадное соединение транзисторов.

В отличие от бесконтактно-транзисторного регулятора (см. рис. 3.34) напряжения с эмиттерной обратной связью бесконтактный регулятор (рис. 3.37) напряжения с каскадным соединением транзисторов содержит дополнительный каскад усиления на транзисторе  $VT2$ . При напряжении  $U_d$ , меньшем напряжения срабатывания регулятора, транзистор  $VT1$  находится в состоянии отсечки, а транзисторы  $VT2$  и  $VT3$  – в состоянии насыщения. При достижении  $U_d$  значения напряжения срабатывания транзистор  $VT1$  переходит в состояние насыщения, а транзисторы  $VT2$  и  $VT3$  – в состояние отсечки. Коллекторная обратная связь в регуляторе напряжения осуществляется с помощью резистора  $R6$ .

В регуляторе напряжения 201.3702 (рис. 3.38) резисторы  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  и  $R4$  образуют измерительный элемент регулятора. Резистором  $R1$  в делителе напряжения обеспечивается настройка регулятора. Элементом сравнения является стабилитрон  $VD1$ . Стабилитрон расположен не в базовой, а в эмиттерной цепи входного транзистора  $VT1$ . Так как транзистор  $VT1$  открывается током перехода эмиттер–база, то перенос стабилитрона из базовой области в эмиттерную на принцип работы регулятора влияния не оказывает. Однако, поскольку сила тока в эмиттерной цепи больше, чем в базовой, этот перенос способствует

более стабильной работе регулятора напряжения по уровню поддерживаемого им напряжения.

Регулирующим элементом является часть схемы на транзисторах  $VT1$ ,  $VT3$ ,  $VT4$  и  $VT5$ . Транзисторы  $VT4$  и  $VT5$  включены по схеме составного транзистора.

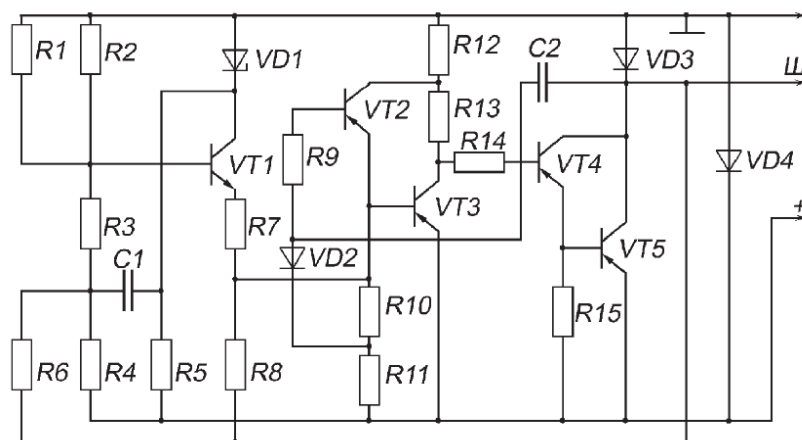


Рис. 3.38. Схема регулятора напряжения 201.3702

Когда транзистор  $VT1$  в состоянии насыщения, транзистор  $VT3$  находится в том же состоянии, так как ток его базы протекает через переход эмиттер–коллектор  $VT1$ . Составной транзистор  $VT4$ ,  $VT5$  закрыт, так как его переход эмиттер–база шунтирован переходом эмиттер–коллектор транзистора  $VT3$ . Если транзистор  $VT1$  закрыт, что возможно при низком напряжении на выводах генератора, когда ток через стабилитрон  $VD1$  не протекает, то закрыт транзистор  $VT3$  и открыт составной транзистор  $VT4$ ,  $VT5$ .

Жесткая обратная связь осуществляется резистором  $R6$ . При переходе составного транзистора  $VT4$ ,  $VT5$  в открытое состояние резистор  $R6$  подключается параллельно резистору  $R4$  входного делителя напряжения. Это приводит к скачкообразному повышению напряжения на стабилитроне  $VD1$ , ускоренному его отпиранию и отпиранию транзисторов  $VT4$ ,  $VT5$ . При запираии составного транзистора резистор  $R6$  отключается от резистора  $R4$ , что способствует скачкообразному уменьшению напряжения на стабилитроне  $VD1$  и его ускоренному запираанию. Следовательно, резистор  $R6$  жесткой обратной связи повышает частоту переключения регулятора напряжения.

Конденсатор  $C1$  осуществляет фильтрацию пульсаций входного напряжения и исключает их влияние на работу регулятора напряжения.

При нормальном режиме работы регулятора напряжения транзистор  $VT2$  обеспечивает форсированный переход транзисторов  $VT3$ ,  $VT4$  и  $VT5$  из состояния отсечки в состояние насыщения и обратно. В результате снижаются потери мощности при переключении. В дан ном случае транзистор  $VT2$  вместе с конденсатором  $C2$  и резистором  $R9$  осуществляют гибкую обратную связь в регуляторе.

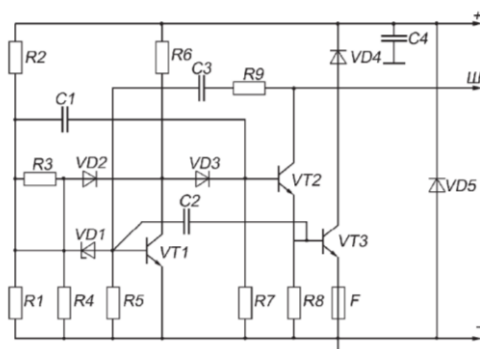


Рис. 3.39. Схема регулятора напряжения 13.3702

В аварийном режиме схема на транзисторе *VT2* защищает составной транзистор *VT4*, *VT5* от перегрузки. Средняя сила тока, проходящего через выходной транзистор, который переходит в автоколебательный режим работы, невелика и не может вывести его из строя.

Диод *VD3* является гасящим диодом. Диод *VD4* защищает регулятор от импульсов напряжения обратной полярности. Остальные элементы обеспечивают нужный режим работы полупроводниковых элементов схемы.

Измерительное устройство регулятора 13.3702 напряжения (рис. 3.39) (делитель на резисторах *R1* и *R2*) соединено с элементом сравнения – стабилитроном *VD1*. Электронное реле регулятора собрано на транзисторах *VT1*, *VT2* и *VT3*. Силовым транзистором в выходной цепи регулятора является составной транзистор *VT2*, *VT3*. Обмотка возбуждения в генераторе соединена с выводом "+".

Цепь жесткой обратной связи состоит из резисторов *R3*, *R4* и диода *VD2*. При закрытом транзисторе *VT1* одно из плеч делителя напряжения образуется параллельно включенными резистором *R1* (подстроечный) и последовательно соединенными между собой резисторами *R3* и *R4*. При переходе в состояние насыщения транзистор *VT1* совместно с диодом *VD2* шунтирует резистор *R4*. Напряжение на стабилитроне резко уменьшается, что приводит к ускоренному переключению транзистора в состояние отсечки. Таким образом, цепь жесткой обратной связи повышает частоту переключения регулятора напряжения.

Конденсаторы *C1* и *C2* снижают влияние электромагнитных помех и пульсаций выпрямленного напряжения на работу регулятора напряжения, а также предотвращает возможность его самовозбуждения при высокой частоте.

Конденсатор *C4* отфильтровывает высокочастотные импульсы на входе в регулятор. В регуляторе предусмотрены два элемента защиты. От токовых перегрузок выходной транзистор защищен предохранителем *F*, а от импульсов напряжения обратной полярности – диодом *VD5*.

Регулятор напряжения 4202.3702 (рис. 3.40) на автомобиле ЗИЛ\_53014 "Бычок" автоматически изменяет уровень регулируемого напряжения в зависимости от температуры электролита аккумуляторной батареи с помощью терморезистора, помещенного в электролит и включенного параллельно плечу *R1*, *R3* делителя напряжения.

Регулятор напряжения 23.3702 (рис. 3.41) в схемах генераторных установок автобусов с дизелями и трактора К701М поддерживает напряжение 28 В и имеет переключатель *SQ*, обеспечивающий установку трех уровней регулируемого напряжения. Транзисторы *VT1* и *VT3* образуют электронное реле, управляющее током в обмотке возбуждения генератора. Транзистор *VT2* вместе с цепью *C3–R12* обеспечивает гибкую обратную связь и защиту схемы от замыканий в цепи обмотки возбуждения.

### 3.13. Теристорные регуляторы напряжения

Управлять тиристором в тиристорных регуляторах напряжения можно путем регулирования угла включения (с естественной коммутацией) или относительной длительности включения (с искусственной коммутацией).

Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией приведена на рис. 3.42. Функции регулирующего органа в регуляторе выполняет тиристор *VT2*, в анодную цепь которого включена обмотка *w1* возбуждения генератора.



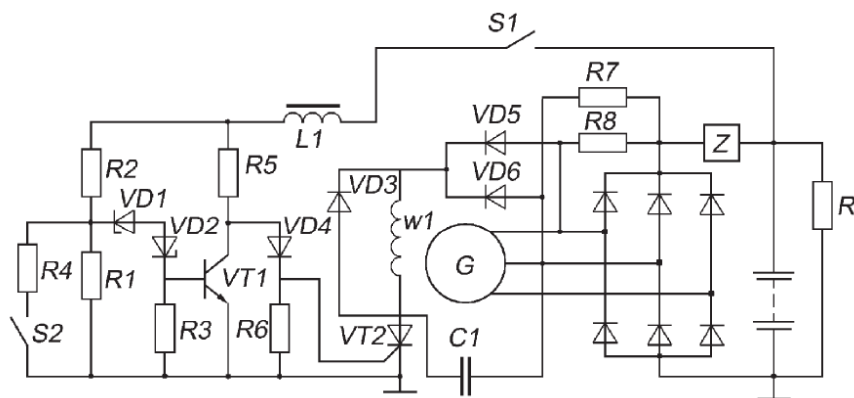


Рис. 3.42. Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией

Обмотка возбуждения шунтирована гасящим диодом  $VD3$ . Для обеспечения естественной коммутации транзистор подключен к генератору через однофазный двухполупериодный выпрямитель с двумя диодами силового выпрямителя генератора и двумя вспомогательными диодами  $VD5$  и  $VD6$ . Для возбуждения генератора к обмотке возбуждения подается напряжение аккумуляторной батареи через резисторы  $R7$  и  $R8$ . Условия коммутации транзистора улучшает конденсатор  $C1$ .

Измерительное устройство состоит из усилителя постоянного напряжения на транзисторе  $VT1$  и измерительной цепи с делителем напряжения  $R1$ ,  $R2$ ,  $R4$  и стабилитронами  $VD1$ ,  $VD2$ . Катушка индуктивности выполняет роль фильтра.

Напряжение к измерительному устройству подается при включении выключателя  $S1$  зажигания. Если это напряжение ниже напряжения срабатывания электронного реле регулятора, в цепи  $L1-R5-VD4-R6$  возникает ток, создающий падение напряжения на резисторе  $R6$ , достаточное для переключения тиристора в состояние насыщения. В этом случае обеспечивается возбуждение генератора. Затем, по мере возрастания напряжения генератора, обмотка возбуждения переключается на электроснабжение от однофазного мостового выпрямителя.

Когда напряжение генератора достигает напряжения срабатывания, транзистор  $VT1$  переключается в состояние насыщения. Напряжение на управляющем электроде тиристора резко падает и при напряжении на выходе однофазного выпрямителя, близком к нулю, тиристор переходит в состояние отсечки. Обмотка возбуждения отключается от источника электроснабжения. Сила тока в обмотке возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. При выходном напряжении генератора, равном напряжению срабатывания, транзистор  $VT1$  переключается в состояние отсечки, а тиристор – в состояние насыщения. Далее процессы повторяются.

В автотракторном электрооборудовании тиристорные регуляторы применяют редко. Применение тиристорov не упрощает схему регулятора напряжения, создает более сложные условия для возбуждения генератора и требует увеличения объема обмотки возбуждения генератора, так как напряжение электроснабжения обмотки возбуждения ниже выпрямленного напряжения.

Интегральные регуляторы напряжения рассчитаны на силу тока 3,3 и 5 А. Схемы регуляторов достаточно просты, поэтому они имеют небольшие размеры. Кроме того, они максимально унифицированы для напряжения 14 и 28 В. Малогабаритные интегральные регуляторы напряжения встраиваются в генератор, поэтому в их схемах отсутствуют элементы защиты полупроводниковых элементов.

В регуляторе Я112В1 (рис. 3.43, а) входной делитель напряжения собран на резисторах  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$ . Элементом сравнения служит стабилитрон  $VD1$ . В выходной цепи находится транзистор  $VT2$ .



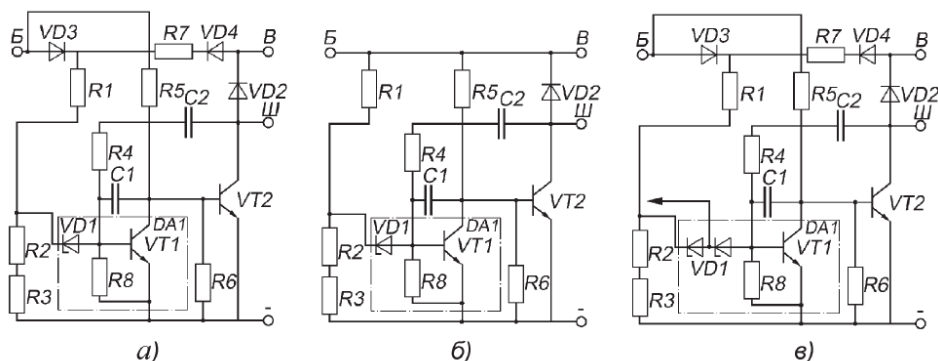


Рис. 3.43. Схема интегральных регуляторов напряжения:

*а* – Я112В1; *б* – Я112А1; *в* – Я1120М1

Элементом сравнения служит стабилитрон *VD1*, выходной транзистор электронного реле *VT1* и резистор *R8* выполнены в одном корпусе в виде микросхемы *DA1*. Защиту схемы от возможных аварийных режимов обеспечивают диоды *VD3*, *VD4*. Диод *VD2* является гасящим. Гибкую обратную связь осуществляет цепь *C2–R4–C1*.

Входная цепь регулятора Я112В1 снабжается электроэнергией через отдельный вывод "Б". Если напряжение на выводе "Б" отсутствует (замок зажигания выключен), то отсутствует и базовый ток транзистора *VT2*. Транзистор закрыт и протекание тока в цепи обмотки возбуждения невозможно.

Если прерывание тока в цепи возбуждения при неработающем двигателе осуществляется другим путем, выводы "Б" и "Б" соединяются между собой перемычкой внутри регулятора и наружу выходит только вывод "Б." В регуляторе Я112А (рис. 3.43, *б*) этот вывод задублирован, что исключает возможность отключения гасящего диода от обмотки возбуждения при нарушении контакта вывода "Б" с контактной пластиной щеткодержателя.

Входной делитель напряжения регулятора Я112В1 (см. рис. 3.43, *а*) собран на резисторах *R1*, *R2* и *R3*. Интегральный регулятор Я112М1 (рис. 3.43, *в*) работает с генератором Г273 и его модификациями. Измерительный делитель напряжения собран на резисторах *R1*, *R2* и *R3*. Резисторы *R1* и *R3* являются настроенными и регулируются на заданное выходное напряжение при изготовлении регулятора.

Элемент сравнения (см. рис. 3.43, *в*) состоит из двух последовательно включенных стабилитронов *VD1*, так как регулятор рассчитан на номинальное напряжение 28 В. Оба стабилитрона управляют базовым током выходного транзистора *VT2*.

Диоды *VD3* и *VD4* обеспечивают защиту схемы регулятора напряжения от возможных аварийных режимов. Регуляторы напряжения рассчитаны на ток возбуждения силой 5 А.

Регулятор напряжения 17.3702 (рис. 3.44) встраивается в щеточный узел генератора 37.3701. Входной делитель собран на резисторах *R2*, *R5*, *R6*. Стабилитрон *VD1* как элемент сравнения расположен в эмиттерной цепи транзистора *VT1* электронного реле на четырех транзисторах *VT2–VT5*. Выходные транзисторы *VT4* и *VT5* включены параллельно, что обеспечивает повышенную надежность регулятора и работу с током возбуждения силой 5 А. Жесткая обратная связь обеспечивается резистором *R8*, гибкая – конденсаторами *C1*, *C2*, *C3* и резистором *R9*. Вывод "Б" подсоединяется к дополнительному выпрямителю, а вывод "Б" – к силовому.

Регулятор напряжения (рис. 3.45) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) изготавливается по гибридной технологии в металлокерамическом корпусе. Микросхема регулятора содержит входной делитель напряжения *A1*, параметрический стабилизатор напряжения *A2*, усилитель-интегратор *A3*, компаратор обратной связи *A4*, источник опорного напряжения *A5*, бистабильный триггер *A6* и выходной усилитель *A7*. Вне микросхемы в регуляторе находятся балластный резистор параметрического стабилизатора напряжения

источника электроснабжения микросхемы, токоограничивающий резистор  $R2$ , выходной транзистор  $VT1$  и гасящий диод  $VD1$ .

Напряжение генератора через усилитель  $A1$  подается на неинвертирующий вход усилителя-интегратора  $A3$ , где сравнивается с опорным напряжением. При номинальном уровне регулируемого напряжения генератора схема через триггер  $A6$  и усилитель  $A7$  подает сигнал на переключение выходного транзистора  $VT1$  исходя из того, что время нахождения его в состояниях насыщения и отсечки одинаково.

При отключении напряжения генератора от номинального уровня изменяется время заряда и разряда конденсатора интегратора. Напряжение на конденсаторе отслеживается бистабильным триггером  $A6$ , который через выходной усилитель  $A7$  изменяет соотношение между длительностью нахождения выходного транзистора  $VT1$  в состояниях

насыщения и отсечки. Таким образом, стабилизация напряжения генератора, как и в традиционных схемах регулирования, осуществляется за счет изменения относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь электроснабжения с соответствующим изменением средней силы тока возбуждения.

Конструкция регуляторов напряжения, располагаемых вне генератора и соединенных с ним через провода бортовой сети, в основном идентична. Такие регуляторы можно разделить на две группы – регуляторы с металлическим корпусом-крышкой и регуляторы в пластмассовом корпусе.

При разработке полупроводниковых регуляторов напряжения учитываются особенности полупроводниковых приборов и используются современные достижения в области полупроводниковой техники, связанные с новейшей технологией изготовления – технологией интегральных схем.

Особенностью электронных изделий является блочный принцип построения конструкций. В таком случае открываются широкие возможности для унификации и стандартизации элементов, что позволяет применять в производстве прогрессивные методы обработки, сборки и монтажа с высокопроизводительным автоматизированным оборудованием.

По конструктивным признакам бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения относятся к блокам со смешанным монтажом и навесными электрическими элементами. Монтаж платы – печатный, внутриблочный монтаж – объемный.

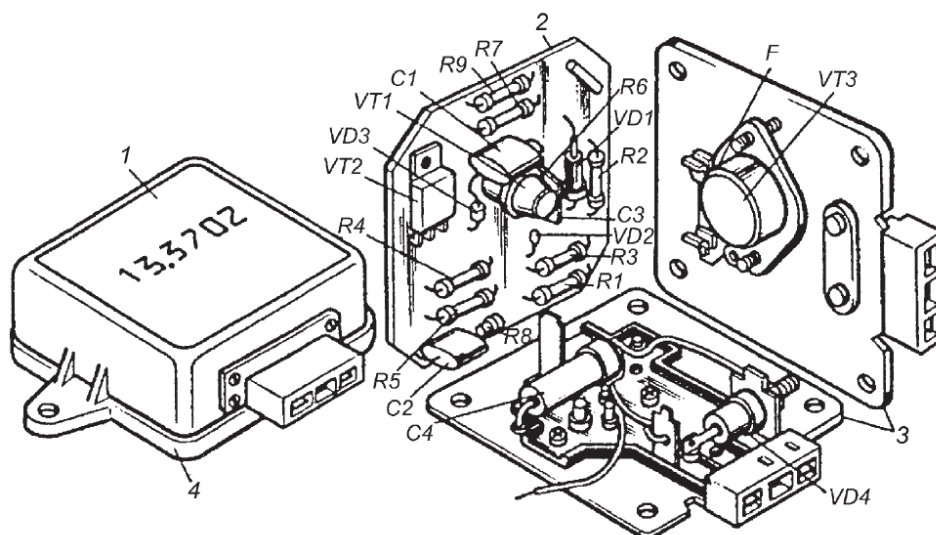


Рис. 3.46. Конструкция регулятора напряжения 13.3702:

1 – крышка; 2 – плата; 3 – основание; 4 – поддон. Буквенные обозначения см. рис. 3.39

Особенности полупроводниковых регуляторов с навесным монтажом электрических и электронных компонентов на печатной плате рассмотрены на примере регулятора 13.3702 (рис. 3.46).

Элементы схемы, кроме выходного транзистора, расположены между печатной платой 2 и основанием 3. Входной транзистор  $VT1$  (см. рис. 3.39) установлен на плате в специальном чашеобразном держателе. Транзистор  $VT2$  находится непосредственно на плате. Выходной транзистор  $VT3$  прикреплен к основанию (теплоотводу) 3 (см. рис. 3.46). Печатная плата крепится к основанию с помощью стоек, которые являются продолжением выводов "+" и "Ш." В отверстии стойки "+" закреплен гасящий диод  $VD4$ . Предохранитель  $F$  расположен на наружной стороне основания регулятора.

Печатная плата вместе с основанием двумя винтами закреплена внутри крышки 1. Через прорезь в поддоне 4 виден волосок предохранителя, что позволяет проверить его работоспособность.

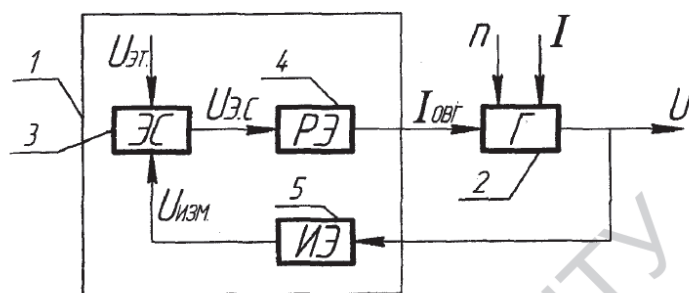
Основой печатной платы (рис. 3.47, а) является листовый или фольгированный электротехнический стеклотекстолит. Фольгированный стеклотекстолит с одной или двух сторон облицован красномедной электротехнической фольгой толщиной 0,035 и 0,05 мм. На поверхность этого основания наносят печатный монтаж, выполняющий функции монтажных проводов, разъемов и контактных деталей.

Одно из возможных креплений элементов на печатной плате показано на рис. 3.47, б. В производстве наибольшее распространение получили электрохимические, химические и комбинированные методы изготовления печатных плат. Электрохимический метод – гальваническое осаждение металла на диэлектрик с металлизацией отверстий. Химический метод – травление фольгированного диэлектрика с дополнительной операцией металлизации отверстий. Комбинированный метод – травление фольгированного диэлектрика с одновременной металлизацией отверстий.

Различия печатных плат, выполненных по указанным методам, заключаются в возможности размещения печатного монтажа с одной или с двух сторон и в плотности печатного монтажа.

При размещении навесных элементов (резисторов, стабилитрона, диода, катушки индуктивности) в печатном узле регулятора руководствуются следующим: установка элементов должна предусматривать доступ к ним и легкую их замену; должна быть предусмотрена возможность ручной или механизированной установки элементов, пайки и последующей защиты лаковыми покрытиями; элементы должны размещаться параллельно поверхности платы со стороны, противоположной размещению печатных проводников.

Встраиваемые в генераторы регуляторы напряжения выпускаются в гибридном интегральном исполнении, представляющем собой комбинацию пленочных резисторов, выполненных на керамической изоляционной подложке, с миниатюрными дискретными элементами – конденсаторами, диодами, транзисторами.



## Рекомендуемые пределы регулирования напряжения

Климатическая зона со средней месячной температурой воздуха в январе, °С	Время года	Номинальное напряжение в сети трактора или автомобиля, В	Регулируемое напряжение, В	
			при наружной установке батареи	при подкапотной установке батареи
Очень холодная, холодная от –50 до –15	Зима	12	14,5...15,5	14,2...15,0
		24	29,0...31,0	–
	Лето	12	13,8...14,8	13,2...14,2
		24	27,0...29,0	–
Умеренная от –15 до –4	Круглый год	12	13,8...14,8	13,2...14,2
		24	27,0...29,0	–
Жаркая, теплая влажная от –15 до +6	Круглый год	12	13,2...14,0	13,0...14,0
		24	26,0...28,0	–

## 1.3.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

## 1.3.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

#### 1.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

**Тема:** «Снятие электромеханических характеристик стартера на тормозном стенде»

**1.4.1 Цель работы:** Изучение конструкции элементов электростартерного пуска и их работу.

##### 1.4.2 Задачи работы:

1. Изучить устройство электрического стартера.
2. Снят электромеханическую характеристику стартера.

##### 1.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный электростартер, тормозной стенд.

##### 1.4.4 Описание (ход) работы:

###### Структурная схема электростартера.

Тип системы пуска определяют используемая энергия и конструкция основного пускового устройства – стартера. Для пуска автомобильных и тракторных двигателей используют системы электростартерного пуска. Они надежны в работе, обеспечивают дистанционное управление и возможность автоматизации процесса пуска двигателей с помощью электротехнических устройств.

Структурные схемы систем управления электростартерного пуска автомобильных и тракторных двигателей отличаются между собой незначительно (рис. 4.1). В системах управления стартером предусмотрены электромагнитные тяговые реле, дополнительные реле и реле блокировки, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе.

Источником энергии в системах электростартерного пуска является стартерная свинцовая аккумуляторная батарея (химический источник постоянного тока, поэтому в электростартерах используют электродвигатели постоянного тока).

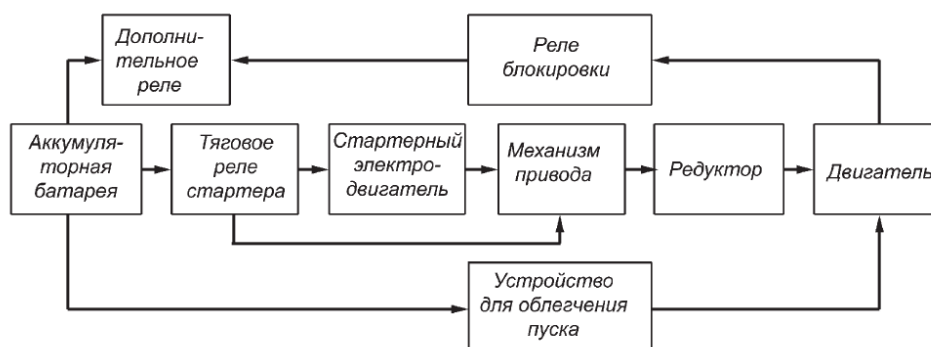


Рис. 4.1. Структурная схема системы электростартерного пуска

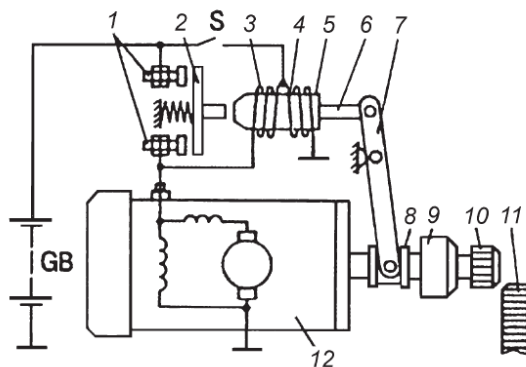


Рис. 4.2. Схема управления электростартером:

1 – контакты; 2 – подвижный контактный диск; 3, 4 – втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле соответственно; 5 – якорь тягового реле; 6 – шток; 7 – рычаг привода; 8 – поводковая муфта; 9 – муфта свободного хода; 10 – шестерня; 11 – зубчатый венец маховика; 12 – электростартер.

Характеристики стартерного электропривода с электродвигателями постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения хорошо согласуются с характеристиками поршневого двигателя при пуске.

Напряжение на стартерный электродвигатель подается от аккумуляторной батареи через замкнутые контакты 1 (рис. 4.2) тягового электромагнитного реле. При замыкании контактов выключателя *S* приборов и стартера, дополнительного реле или реле блокировки втягивающая 3 и удерживающая 4 обмотки тягового реле подключаются к аккумуляторной батарее *GB*. Якорь 5 тягового реле притягивается к магнитопроводу электромагнита. С помощью штока 6 и рычага 7 привода шестерня 10 входит в зацепление с зубчатым венцом 11 маховика двигателя.

В конце хода якоря 5 тягового реле контактная пластина замыкает силовые контактные болты, и стартерный электродвигатель приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

После пуска двигателя муфта 9 свободного хода предотвращает передачу вращающего момента от маховика к валу якоря электродвигателя. Шестерня привода не выходит из зацепления с венцом маховика до тех пор, пока замкнуты контакты 1. При размыкании контактов выключателя *S* втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле подсоединяются к аккумуляторной батарее последовательно через силовые контакты.

Электростартер получает питание от аккумуляторной батареи автономного источника электроэнергии ограниченной мощности. Вследствие внутреннего падения напряжения в батарее напряжение на выводах электростартера не остается постоянным, а уменьшается с увеличением нагрузки и силы потребляемого тока.

Сила тока электростартеров может составлять несколько сот и даже тысяч ампер. При такой силе тока на характеристики стартерного электродвигателя большое влияние оказывает падение напряжения в стартерной сети, т.е. в стартерном проводе и массе.

Характеристики стартерных электродвигателей зависят от емкости и технического состояния аккумуляторной батареи. Семейству вольт-амперных характеристик батареи соответствует семейство рабочих и механических характеристик стартерного электродвигателя.

Режим работы стартеров повторно-кратковременный. Пусковой цикл попытки старта не должен превышать 10 и 15 с соответственно для бензиновых двигателей и дизелей. Допускается не более трех пусковых циклов подряд с перерывами между ними не менее 30 с. После охлаждения стартера до температуры окружающей среды возможен еще один пусковой цикл.

Длительное время по отношению к периоду прокручивания коленчатого вала двигателя стартер может работать в режимах полного торможения и холостого хода. Якорь стартера без повреждений должен в течение 20 с выдерживать нагрузки, возникающие при частоте вращения его вала, на 20 % превышающей частоту вращения вала якоря в режиме холостого хода. Якорь стартера должен иметь надежный привод к коленчатому валу при пуске двигателя и автоматически отключаться от него после осуществления пуска. Конструкция стартера и зубчатая передача должны обеспечивать надежный ввод шестерни в зацепление и передачу коленчатому валу двигателя вращающего момента. Шестерня привода стартера не должна самопроизвольно входить в зацепление с венцом маховика. Муфта свободного хода привода должна защищать якорь от механических повреждений.

Тяговое реле стартера должно обеспечивать ввод шестерни в зацепление и включение стартера при снижении напряжения до 9 В для номинального напряжения  $U_n = 12$  В и до 18 В для  $U_n = 24$  В при температуре окружающей среды  $20 \pm 5$  °С. Контакты тягового реле должны оставаться замкнутыми при снижении напряжения на выводах стартера до 5,4 и 10,8 В при номинальных напряжениях соответственно 12 и 24 В.

Не допускается нагружать стартер более номинальной нагрузки. Повышение температуры стартера во время пусковых циклов не должно приводить к изменениям, отрицательно влияющим на его работоспособность.

Параметром, определяющим рациональное согласование мощностной характеристики пускового устройства с пусковыми характеристиками двигателя, является передаточное число привода. При изменении передаточного числа редуктора привода меняется наклон механической характеристики стартерного электродвигателя, приведенной к коленчатому валу двигателя. С повышением передаточного числа приведенный вращающий момент увеличивается, а приведенная частота вращения вала уменьшается. Максимальное значение мощности электростартера смещается в сторону меньшей частоты вращения коленчатого вала. Для каждого типа двигателя и заданных условий пуска существуют оптимальные передаточные числа, при которых лучшим образом используются мощностные характеристики стартерного электродвигателя.

Автомобильные электростартеры должны обеспечивать номинальные параметры работы двигателя при нормальных климатических условиях:

температура окружающей среды  $25 \pm 10$  °С;

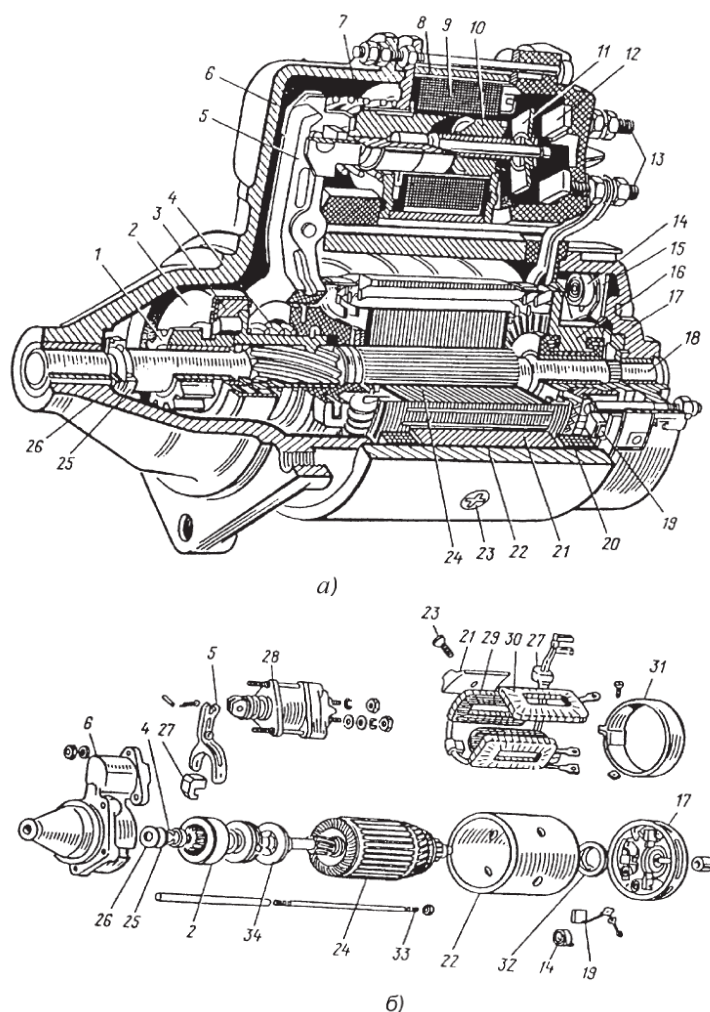
относительная влажность 45–80 %;

давление окружающей среды 84–106 кПа.

### **Классификация стартеров**

Электростартеры отличаются по способам управления и возбуждения, типу механизма привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от проникновения посторонних тел и воды.





**Рис. 4.3. Электростартер СТ221:**

*а* – общий вид; *б* – узлы и детали стартера; 1 – шестерня привода; 2 – муфта свободного хода; 3 – ведущая обойма муфты свободного хода; 4 – буферная пружина; 5 – рычаг включения привода; 6, 17 – крышки со стороны привода и коллектора; 7 – возвратная пружина; 8 – корпус тягового реле; 9 – обмотка тягового реле; 10 – магнитопровод тягового реле; 11 – подвижная контактная пластина; 12 – неподвижный контакт; 13 – контактные болты; 14 – щеточная пружина; 15 – щеткодержатель; 16 – коллектор; 18 – вал якоря с винтовыми шлицами; 19 – щетка; 20 – катушка обмотки возбуждения; 21 – полюс; 22 – корпус стартера; 23 – полюсный винт; 24 – якорь электродвигателя; 25 – упорное кольцо; 26 – регулировочная шайба; 27 – резиновая заглушка; 28 – тяговое реле; 29 – последовательная обмотка возбуждения; 30 – параллельная обмотка возбуждения; 31 – защитная лента; 32 – тормозной диск; 33 – стяжная шпилька; 34 – ограничитель хода шестерни

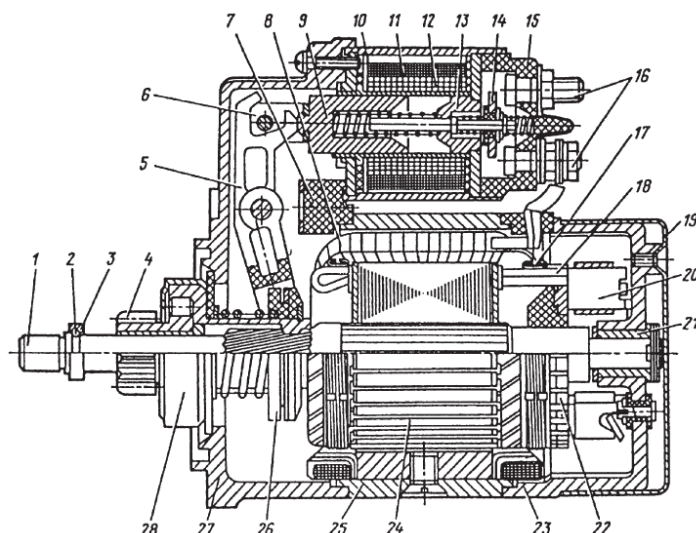
По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры с принудительным электромеханическим перемещением шестерни привода, которые получили наибольшее распространение, и стартеры с инерционным или комбинированным приводом. Для предотвращения разноса якоря после пуска двигателя в электростартеры устанавливают роликовые, храповичные и фрикционно-храповичные муфты свободного хода.

Стартер состоит из электродвигателя постоянного тока с последовательным, смешанным возбуждением или возбуждением от постоянных магнитов, электромагнитного тягового реле и механизма привода. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор.

Узлами и деталями электростартера с электромеханическим перемещением шестерни являются корпус 22 (рис. 4.3) с полюсами 21 и катушками 20 обмотки возбуждения,



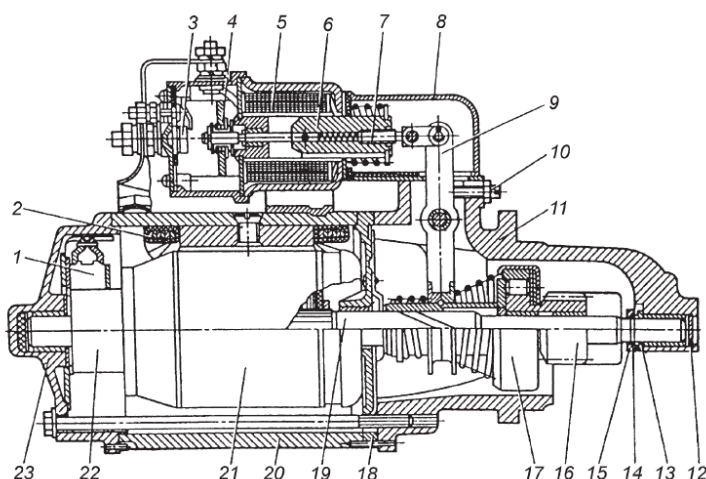
якорь 24 с обмоткой и коллектором 16, механизм привода с муфтой 2 свободного хода, шестерней 1 и буферной пружиной 4, электромагнитное тяговое реле с корпусом 8, обмоткой 9, контактными болтами 13 с контактами 12, крышка 6 со стороны привода, крышка 17 со стороны коллектора и щеточный узел с щеткодержателями 15, щетками 19 и щеточными пружинами 14. Автомобильные электростартеры различного конструктивного исполнения с электромагнитным возбуждением, с электромагнитным тяговым реле, обеспечивающим принудительный ввод шестерни привода в зацепление с зубчатым венцом маховика, и с роликовой муфтой свободного хода приведены на рис. 4.4–4.7. Особенность конструкции стартера 29.3708 (см. рис. 4.4) – наличие только одной опоры в крышке 23 со стороны коллектора. В стартере применен торцевой коллектор 22 в пластмассовом корпусе. Щетки 20 к коллектору прижимаются спиральными пружинами. Тяговое электромагнитное реле закреплено на крышке 27 со стороны привода. При подаче напряжения на выводы втягивающей 12 и удерживающей 11 обмоток тягового реле его якорь 9 притягивается к магнитопроводу 13 и посредством тяги 6, рычага 5 и поводковой муфты 26 перемещает шестерню 4 с роликовой муфтой 28 свободного хода в сторону маховика двигателя. Когда шестерня полностью войдет в зацепление с зубчатым венцом маховика, подвижный контакт 14, связанный с якорем 9 реле, замкнет силовые контакты 16, подключая обмотки возбуждения и якоря стартерного электродвигателя к источнику электроснабжения.



**Рис. 4.4. Электростартер 29.3708 с одной опорой в крышке со стороны коллектора:**

1 – вал якоря; 2 – замковое кольцо; 3 – упорное кольцо; 4 – шестерня привода; 5 – рычаг привода; 6 – тяга реле; 7 – уплотнительная заглушка; 8 – катушка обмотки возбуждения; 9 – якорь тягового реле; 10 – корпус тягового реле; 11, 12 – удерживающая и втягивающая обмотки; 13 – магнитопровод тягового реле; 14 – подвижный контакт; 15 – крышка тягового реле; 16 – контакты; 17 – бандаж лобовой части обмотки якоря; 18 – обмотка якоря; 19 – защитный кожух; 20 – щетка; 21 – вкладыш подшипника; 22 – торцевой коллектор; 23, 27 – крышки соответственно со стороны коллектора и привода; 24 – якорь электродвигателя; 25 – корпус; 26 – поводковая муфта; 28 – роликовая муфта свободного хода

Электростартер СТ130\_А3 (см. рис. 4.5) с цилиндрическим коллектором 22 предназначен для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей. Электромагнитное тяговое реле установлено на корпусе стартерного электродвигателя. Электростартер имеет промежуточную опору 18 вала 19 якоря, расположенную между якорем и крышкой 11 со стороны привода.

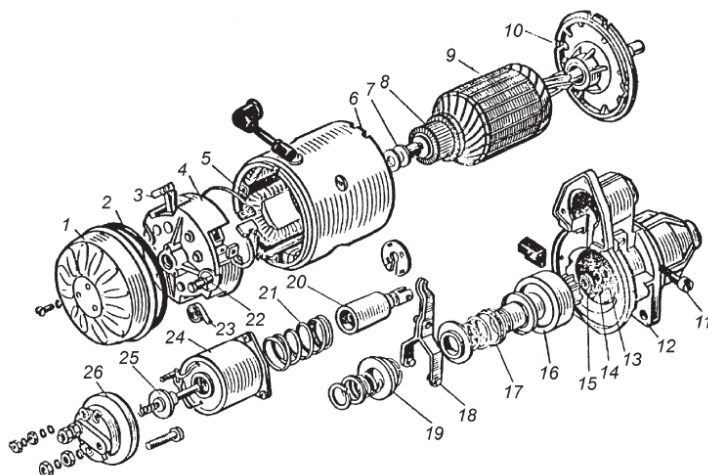


**Рис. 4.5. Электростартер СТ130\_А3:**

1 – щетка; 2 – обмотка возбуждения; 3, 4 – неподвижный и подвижный контакты тягового реле; 5 – катушка тягового реле; 6 – якорь тягового реле; 7 – регулировочный винт; 8 – защитный кожух рычага; 9 – рычаг; 10 – винт регулировки хода шестерни; 11, 23 – крышки со стороны привода и коллектора; 12 – фиды; 13 – шайбы; 14, 15 – замковое и упорное кольца; 16 – шестерня привода; 17 – муфта свободного хода; 18 – промежуточная опора; 19 – вал якоря; 20 – корпус; 21 – якорь; 22 – коллектор

Электростартер СТ230\_Б4 (см. рис. 4.6) устанавливается с левой стороны двигателя и крепится к картеру сцепления. Корпус 6 стартера выполнен без окон и имеет отверстие для вывода обмотки возбуждения, установочные прорези на торцах и конусообразную проточку, на поверхности которой расположена уплотнительная прокладка 2, прижатая защитным кожухом 1. Последовательная обмотка разделена на две параллельные ветви. Катушки возбуждения снаружи изолированы пропитанной лаком хлопчатобумажной лентой толщиной 0,25 мм и шириной 15 мм.

Вал якоря вращается в трех бронзографитовых подшипниках, установленных в крышках 4 и 12 и в держателе подшипника в промежуточной опоре 10. Двухобмоточное реле 24 закреплено тремя винтами на крышке 12 со стороны привода и воздействует на привод 16 через рычаг 18.



**Рис. 4.6. Стартер СТ230\_Б4:**

1 – защитный кожух; 2 – уплотнительная прокладка; 3 – щетка; 4, 12 – крышки со стороны коллектора и привода; 5 – обмотка возбуждения; 6 – корпус; 7 – регулировочные шайбы; 8 – коллектор; 9 – якорь; 10 – промежуточная опора подшипника; 11 – ось рычага привода; 13 – уплотнительная шайба; 14, 15 – замковое и упорное кольца; 16 – привод с муфтой свободного хода; 17, 21 – буферная и возвратная пружины; 18 – рычаг привода; 19 – втулка отвода; 20 – якорь тягового реле; 22 – стяжной болт; 23 – пружина щетки; 24 –

тяговое реле; 25 – контактный диск; 26 – крышка тягового реле. Стартер 421.3708 (см. рис. 4.7) последовательного возбуждения с попарно параллельным соединением катушек имеет три опоры вала якоря с бронзографитовыми подшипниками. Двухобмоточное тяговое реле 10 крепится к приливу крышки 18 со стороны привода. Во внутренней полости крышки 18 расположен механизм привода 17, состоящий из шестерни, роликовой муфты свободного хода, направляющей втулки и буферной пружины. Тракторный стартер с торцевым коллектором имеет промежуточную опору вала якоря, прикрепленную к крышке со стороны привода.

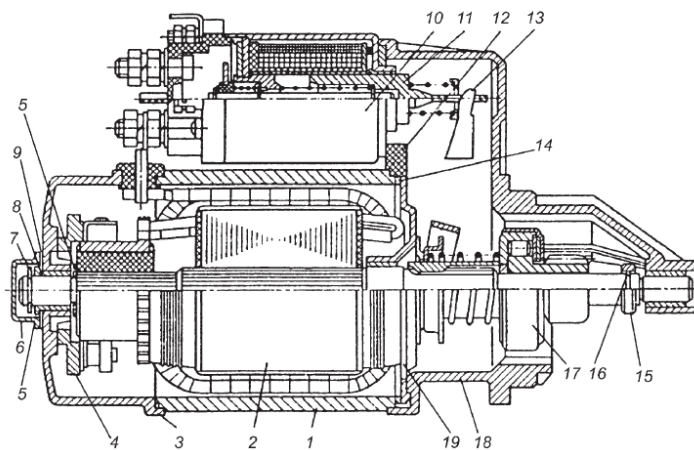


Рис. 4.7. Стартер 421.3708: 1 – корпус; 2 – якорь; 3, 18 – крышки со стороны коллектора и привода; 4 – траверса; 5 – регулировочная шайба; 6 – колпак; 7, 8 – стопорная и упорная шайбы; 9 – прокладка; 10 – тяговое реле; 11 – якорь реле с возвратной пружиной; 12 – заглушка; 13 – рычаг включения привода; 14, 15, 16 – уплотнительное, упорное и замковое кольца; 17 – механизм привода; 19 – промежуточная опора

Электростартер рассчитан на напряжение 12 В. Номинальная мощность электростартера равна 4,0 кВт. На тракторных стартерах применяют цилиндрические сборные коллекторы (стартеры 25.3708\_01, 251.3708), цилиндрические коллекторы с пластмассовым корпусом (СТ222\_А, 20.3708, 201.3708, 202.3708) и торцевые коллекторы на пластмассе (СТ362\_А, СТ365, СТ367\_А, 24.3708, 241.3708, 242.3708 и 34.3708).

### Характеристика стартера

Рабочие характеристики представляют в виде зависимостей напряжения на зажимах стартера  $U_{ст}$ , полезной мощности  $P_2$  на валу, полезного вращающего момента  $M_2$ , частоты вращения якоря  $n_я$  и КПД стартерного электродвигателя  $\eta_{ст}$  от силы тока якоря  $I_я$  (рис. 4.31).

При вращении якоря в его обмотке индуцируется ЭДС, которая вычисляется по формуле:

$$E_я = c_e n_я \Phi,$$

где  $c_e$  – постоянная электрической машины, не зависящая от режима ее работы;  $\Phi$  – магнитный поток, проходящий через воздушный зазор и якорь электродвигателя.

При электроснабжении стартера от аккумуляторной батареи ЭДС определяется таким образом:

$$E_я = U_n - \Delta U_{щ} - I_я R_я = U_n - \Delta U_{щ} - I_я (R_б + R_{пр} + R_я + R_{ст}),$$

где  $U_n$  – номинальное напряжение аккумуляторной батареи;  $\Delta U_{щ}$  – падение напряжения в контактах щетки–коллектор;  $R_я$  – суммарное сопротивление цепи якоря;  $R_{пр}$  – сопротивление стартерной сети;  $R_б$  – сопротивление аккумуляторной батареи;  $R_я$  – сопротивление обмотки якоря электростартера;  $R_{ст}$  – сопротивление последовательной обмотки возбуждения электростартера.

С уменьшением нагрузки электродвигателя с последовательным возбуждением магнитный поток  $\Phi$  падает, а  $n_я$  быстро возрастает до значения  $n_я0$ , соответствующего силе тока холостого хода  $I_я0$ . В стартерах смешанного возбуждения частота вращения в режи-

$$M = c_M I_{\text{я}} \Phi,$$

Подводимая к стартеру мощность, исключая электрические потери, преобразуется в электромагнитную мощность. Электромагнитная или полная механическая мощность  $P$ , меньшая подводимой к стартеру мощности  $P_1$  на величину электрических потерь,

Максимальная электромагнитная мощность вычисляется из выражения:

$$P_m = (U_H - \Delta U_{\text{ш}})^2 / 4R_{\Sigma}$$

### Полезный вращающий момент на валу электродвигателя

Сила тока, потребляемого электродвигателем со смешанным возбуждением, определяется по формуле:

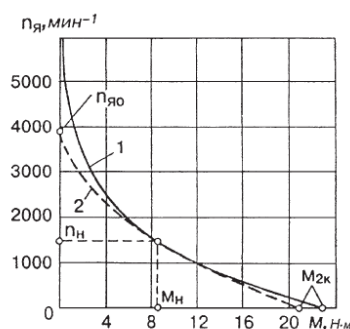


Рис. 4.32. Механические характеристики стартерных электродвигателей:  
1, 2 – соответственно с последовательным и смешанным возбуждением  
Подводимая к стартерному электродвигателю мощность равна  
 $P_1 = U_{ст} \cdot I$ .

КПД стартерного электродвигателя вычисляется по формуле:

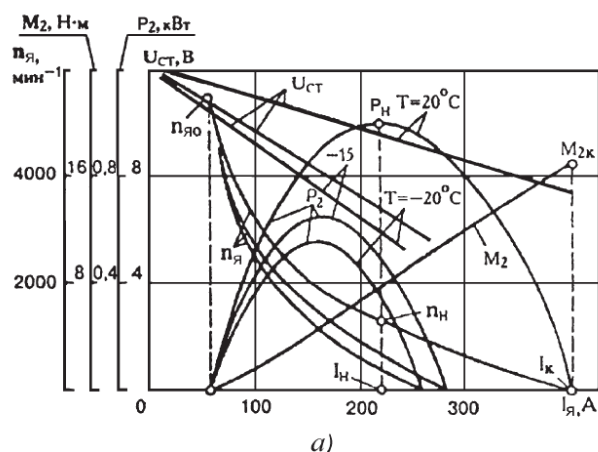
$$\eta_{ст} = \frac{P_2 - P_1}{P_2}$$

Механические характеристики электростартеров обычно представляют в виде зависимости частоты вращения якоря  $n_я$  от вращающего момента  $M_2$  (рис. 4.32).

При снижении напряжения на выводах аккумуляторной батареи и стартера с понижением температуры или увеличением сопротивления стартерной сети (стартерный провод и масса) при той же силе тока  $I_я$  ЭДС  $E_я$ , частота вращения  $n_я$  и мощность  $P_2$  электродвигателя уменьшаются (рис. 4.33, а). При той же частоте вращения  $n_я$  уменьшается вращающий момент  $M_2$  (рис. 4.33, б).

Номинальной считают наибольшую полезную мощность  $P_H$  в кратковременном режиме работы при электроснабжении от аккумуляторной батареи максимально допустимой емкости, установленной в технических условиях на стартер, при степени заряженности батареи 100 %, температуре электролита +20 °C, при первой попытке пуска двигателя, без учета падения напряжения в стартерной сети. Номинальной мощности соответствуют сила тока  $I_H$ , частота вращения  $n_H$  и вращающий момент  $M_H$ .

Напряжение на выводах стартерного электродвигателя при определении номинальной мощности рассчитывается по формуле:





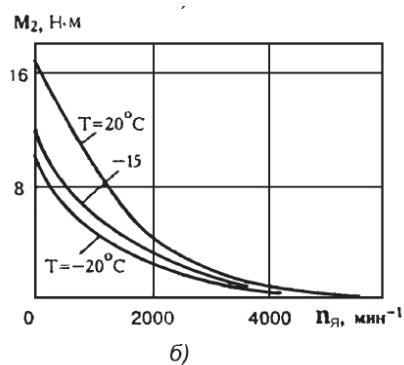


Рис. 4.33. Характеристики стартерных электродвигателей при различных температурах: *а* – рабочие; *б* – механические

$$U_{ст} = U_n (1 - ab / \tau_{я} / C_{20}),$$

где *ab* – коэффициент, принимаемый равным 0,05 для батарей емкости  $C_{20} < 100 \text{ А}\cdot\text{ч}$ , а также 0,038 и 0,046 соответственно для батарей 6СТ\_55ЭМ и 6СТ\_190ТР.

#### 1.4.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### 1.4.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## **1.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).**

### **Тема: «Проверка технического состояние приборов системы пуска автомобилей»**

**1.5.1 Цель работы:** Изучение конструкции систем для облегчения запуска двигателя, их технические характеристики и правила технического обслуживания.

#### **1.5.2 Задачи работы:**

1. Изучить конструкцию оборудования для облегчения запуска двигателя.
2. Изучить технические характеристики оборудования для облегчения запуска двигателя.
3. Изучить правила технического обслуживания оборудования для облегчения запуска двигателя.

#### **1.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Оборудования для облегчения запуска двигателя.
2. Методическое указание к лабораторной работе;  
- справочные материалы.

#### **1.5.4 Описание (ход) работы:**

##### **КЛАСИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**

Устройства для облегчения пуска, воздействуя на отдельные системы двигателя, температурное состояние его деталей и эксплуатационных материалов, снижают моменты сопротивления вращению коленчатого вала, улучшают условия образования и воспламенения топливовоздушных смесей. Эффективность различных способов и устройств для облегчения пуска зависит от типа двигателя, его конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Данные устройства делятся на действующие в предпусковой период и непосредственно в процессе пуска двигателя.

К устройствам, действующим в предпусковой период, относятся индивидуальные подогреватели, обеспечивающие прогрев двигателя и его агрегатов, подогрев электролита аккумуляторной батареи, топлива, моторного масла и др. Предпусковой подогрев обеспечивает не только повышение частоты вращения коленчатого вала двигателя при прокручивании его электростартером и улучшение условий воспламенения топливовоздушной смеси, но и снижает степень изнашивания деталей двигателя, уменьшает выбросы токсичных веществ в окружающую среду.

Предпусковые подогреватели различают по виду потребляемой энергии, способу подвода тепла, организации циркуляции теплоносителя, теплопроизводительности и т.д. Устройства для облегчения пуска, действующие непосредственно в процессе пуска, обеспечивают калоризаторное воспламенение топлива (свечи накаливания), подогрев впускного воздуха (свечи подогрева и электрофакельные подогреватели) или интенсифицируют процесс воспламенения топливовоздушной смеси (легковоспламеняющиеся пусковые жидкости).

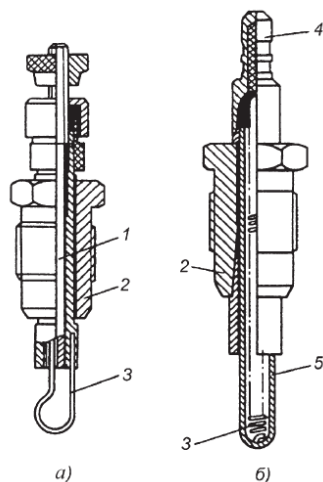
Свечи накаливания.

Пуск дизелей с разделенными камерами сгорания улучшается при установке в предкамеры или вихревые камеры свечей накаливания открытого или закрытого типа, раскаленные нагревательные элементы которых являются источниками воспламенения топлива.

Свеча накаливания с открытым нагревательным элементом (рис. 5.1, а) устанавливается в камере сгорания двигателя таким образом, чтобы раскаленная спираль 3 находилась на некотором расстоянии от границы струи распыливаемого топлива. Если струя топлива задевает спираль, процесс воспламенения улучшается, но срок службы свечи сокращается. Спираль накаливания 3 (рис. 5.1, б) штифтовой свечи находится в закрытом кожухе 5, за-



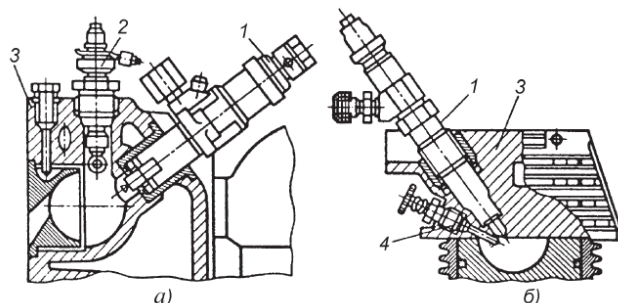
полненном изоляционным материалом с высокой теплопроводностью. Кожух свечи изготавливают из железоникель-хромового сплава "инконель". Штифтовую свечу в камере сгорания устанавливают таким образом, чтобы конус струи распыливаемого топлива касался раскаленного конца ее кожуха. Чаще используют однополюсные штифтовые свечи, потребляющие токи силой 5 и 10 А при напряжениях соответственно 24 и 12 В. Двухполюсные свечи для двухпроводных схем потребляют токи силой до 50 А при напряжении 1,7 В. Время прогрева штифтовой свечи составляет 1–2 мин. Вследствие большой тепловой инерции таких свечей нет необходимости устанавливать в их цепь питания дополнительный резистор. Преимуществами штифтовых свечей по сравнению со свечами открытого типа являются большая механическая прочность и большой срок службы вследствие отсутствия окислирования спирали кислородом воздуха.



187

**Рис. 5.1. Свечи накаливания:**

*а* – с открытым нагревательным элементом; *б* – штифтовая; 1 – центральный электрод; 2 – корпус; 3 – спираль; 4 – вывод; 5 – кожух спирали



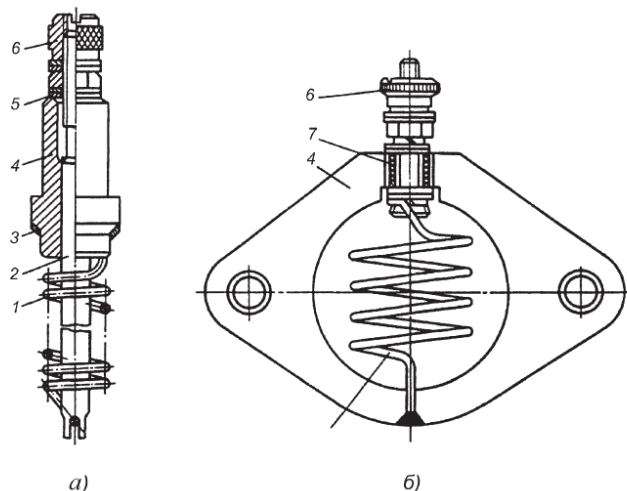
**Рис. 5.2. Примеры установки свечей накаливания в камерах сгорания:**

*а* – открытого типа; *б* – закрытого типа; 1 – форсунка топливной системы; 2 – свеча накаливания с открытым нагревательным элементом; 3 – головка цилиндров; 4 – штифтовая свеча накаливания

Штифтовые свечи могут быть установлены в дизелях с однополостными камерами сгорания. Эффективность применения свечей накаливания при пуске дизелей зависит от рабочей температуры открытой спирали или кожуха штифтовой свечи, которая определяется силой тока спирали. Пуск дизелей при использовании свечей накаливания обеспечивается до температуры 10–15°C при частоте вращения коленчатого вала 60–80 мин<sup>-1</sup>. Примеры установки свечей накаливания в камерах сгорания приведены на рис. 5.2.

На дизелях с однополостными камерами сгорания применяют электрические свечи и электрофакельные подогреватели для нагрева воздуха, поступающего в цилиндры двигателя на такте впуска. Целью подогрева воздуха является повышение температуры в конце такта сжатия и, тем самым, улучшение условий образования, воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси.

Свеча подогрева воздуха во впускном трубопроводе (рис. 5.3, *а*) мощностью 400 Вт рассчитана на потребление тока силой 45–47 А. Спираль 1 свечи нагревается до температуры 900–950С через 40–60 с после подключения к аккумуляторной батарее. В цепи электроснабжения свечей включают контрольные элементы и дополнительные резисторы.

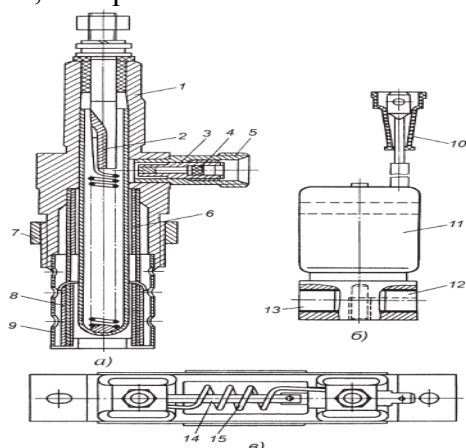


**Рис. 5.3. Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе:**

*а* – СН150\_А; *б* – фланцевая свеча; 1 – спираль накаливания; 2 – стержень; 3 – уплотнительная шайба; 4 – корпус; 5 – изоляционная шайба; 6 – контактная гайка; 7 – изоляционная втулка

Свечи подогрева устанавливают в начале впускного трубопровода или в местах разводки по каналам цилиндров. Лучший теплоотвод от спирали 1 (рис. 5.3, *б*) впускному воздуху обеспечивается при использовании фланцевых свечей. Фланцевые свечи устанавливают в разъемах впускного трубопровода, что приводит к большому разнообразию их конструкций и усложняет конструкцию трубопровода.

На дизелях устанавливают электрофакельные подогреватели воздуха во впускном трубопроводе, что в сочетании с маловязким маслом позволяет снизить минимальную температуру пуска холодного дизеля на 10–15С. В электрофакельных подогревателях через электрическую спираль проходит ток небольшой силы, так как она служит только для подогрева, испарения и воспламенения топлива.



**Рис. 5.4. Электрофакельное устройство автомобилей КамАЗ:**

*а* – факельная штифтовая свеча; *б* – электромагнитный топливный клапан; *в* – термореле с добавочным резистором; 1 – корпус; 2 – нагревательный элемент (штифт); 3 – топливный жиклер; 4 – топливный фильтр; 5 – топливный штуцер; 6 – кольцевая вставка; 7 – контргайка; 8 – испарительная сетка; 9 – защитный экран; 10 – вывод электромагнита; 11 – корпус клапана; 12 – седло клапана; 13 – уплотнительное кольцо; 14 – спираль; 15 – изоляционный слой

11 – электромагнит; 12 – штуцер подвода топлива; 13 – штуцер отвода топлива; 14 – биметаллическая пластина; 15 – спираль добавочного резистора

Воздух во впускном трубопроводе подогревается за счет теплоты сгорания топливовоздушной смеси.

В отличие от свечей подогрева они потребляют меньшее количество электроэнергии и наряду с достаточно эффективным нагревом впускного воздуха обеспечивают в некоторой степени внешнее смесеобразование. Частицы не успевшего сгореть в электрофакельном подогревателе топлива в виде паров попадают в цилиндры двигателя и являются очагами воспламенения, способствуя более быстрому сгоранию впрыскиваемого форсункой топлива.

Электрофакельное устройство дизелей состоит из одной или двух факельных штифтовых свечей (рис. 5.4, а), электромагнитного топливного клапана (рис. 5.4, б), термореле с добавочным резистором (рис. 5.4, в), кнопочного выключателя, реле электрофакельного устройства, реле отключения обмотки возбуждения генератора, контрольной лампы и топливопроводов. Дозирование топлива, его испарение, смешивание с воздухом, воспламенение и сгорание происходят в факельной штифтовой свече. Топливо, подаваемое к свече, очищается фильтром 4 (см. рис. 5.4, а), дозируется жиклером 3, проходит по кольцевой полости между кольцевой вставкой и нагревательным элементом 2. Объемная испарительная сетка 8 в нижней части факельной свечи имеет большую поверхность и облегчает испарение топлива. Сетка окружена защитным экраном 9 с отверстиями для прохода воздуха. Экран предотвращает затухание пламени при увеличении скорости воздушного потока во впускном трубопроводе после пуска двигателя. Электромагнитный топливный клапан открывает подачу топлива к факельным штифтовым свечам при подключении его обмотки (см. рис. 5.4, б) к аккумуляторной батарее. При отключении электромагнитный клапан закрывается под действием пружины. Топливо к электромагнитному клапану подводится из системы питания дизеля.

Термореле имеет контакты и биметаллическую пластину 14 (см. рис. 5.4, в), расположенные внутри спирали 15 добавочного резистора. По мере прогрева за счет теплоты, выделяемой добавочным резистором, биметаллическая пластина деформируется и замыкает контакты реле. Добавочный резистор уменьшает силу тока во время предварительного нагрева штифта факельной свечи и замыкается накоротко в момент включения стартера.

Схема электрофакельного устройства (рис. 5.5) обеспечивает предварительный нагрев факельных штифтовых свечей  $E1$  и  $E2$  до температуры 1000–1100С перед включением стартера. Спирали свечей подключены к аккумуляторной батарее через добавочный резистор  $R$  термореле  $K$  кнопчным выключателем  $S2$  электрофакельного устройства.

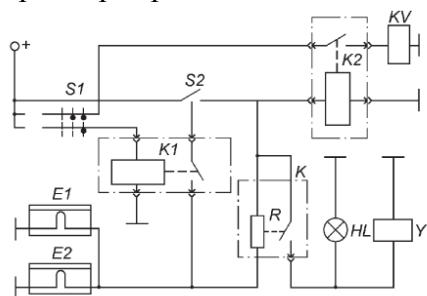


Рис. 5.5. Схема электрофакельного устройства для предварительного нагрева факельных штифтовых свечей

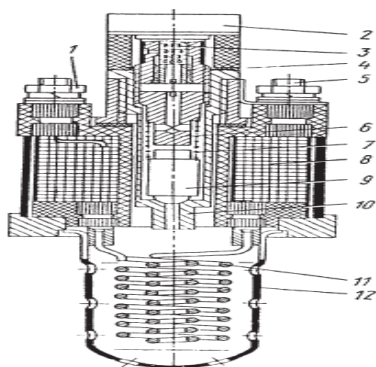
Во время предпускового прогрева свечей выключатель  $S1$  приборов находится в положении 2. В конце прогрева факельных свечей замыкаются контакты термореле  $K$ . Напряжение подается на электромагнитный клапан  $Y$  и контрольную лампу  $HL$ , сигнализирующую о готовности электрофакельного устройства к пуску двигателя. При включении стартера выключателем  $S1$  (положение 3) подкачивающий насос подает топливо через от-

крытый клапан к свечам. Одновременно срабатывает реле *K1* выключения добавочного резистора.

После пуска двигателя выключатель *S1* приборов и стартера переводят в положение 2, стартер отключается, но электрофакельное устройство продолжает работать в период предпускового подогрева, если оставить кнопку выключателя *S2*. Для защиты факельных штифтовых свечей от перегрева при работе двигателя в режиме холостого хода после пуска, когда в связи с работой генератора растет напряжение на выводах свечей, в схеме предусмотрено реле *K2* отключения обмотки возбуждения генератора.

При использовании электрофакельного подогревателя (рис. 5.6) надежный пуск тракторных дизелей рабочим объемом 6000–7000 см<sup>3</sup> до температуры 20С обеспечивается при частотах вращения коленчатого вала 80–90 мин<sup>-1</sup>.

Спираль *11* из нихромовой проволоки марки Х20Н80 диаметром 1,2 мм имеет два слоя. В режиме послепускового прогрева, когда возрастает скорость воздушного потока во впускном трубопроводе, внешняя спираль предохраняет внутреннюю от переохлаждения и способствует сохранению пламени. От затухания пламя предохраняет также защитный колпачок (кожух) с двенадцатью отверстиями для прохода воздуха, который одновременно исключает вероятность попадания в цилиндры частиц спирали в случае ее перегорания.



**Рис. 5.6. Электрофакельный подогреватель воздуха во впускном трубопроводе тракторных дизелей:**

*1, 5* – токопроводящие выводы электромагнита и спирали; *2* – болт штуцера; *3* – дозирующий элемент; *4* – гайка; *6* – штуцер; *7* – пружина перепускного клапана; *8* – обмотка электромагнита; *9* – клапан; *10* – корпус клапана; *11* – спираль; *12* – кожух спирали

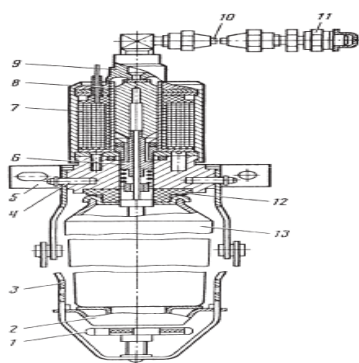
Спираль накаливания соединена параллельно обмотке *8* электромагнита топливного клапана *9*. Топливный клапан имеет сферическую рабочую поверхность, является магнитопроводом электромагнита и удерживается в закрытом состоянии пружиной *7*. Питание к обмотке электромагнита и к спирали накаливания подводится через выводы *1* и *5*. Обмотка электромагнита потребляет ток силой 2–3 А при напряжении 10 В. Спираль накаливания рассчитана на потребление тока силой 15–17 А при номинальном напряжении 8,5 В. За 15–30 с предпускового подогрева спираль нагревается до температуры 850–900 °С. В цепь питания спирали накаливания включаются контрольный элемент и добавочный резистор. Добавочный резистор замыкается накоротко при включении стартера. Напряжение на катушку электромагнита подается одновременно с включением стартера. Поступающее к электрофакельному подогревателю топливо фильтруется сеткой подогревателя и далее через дозирующий элемент *3*, штуцер *6* и открытый топливный клапан поступает в зону расположения спирали накаливания, испаряется, смешивается с воздухом и воспламеняется. Факел пламени подогревает впускной воздух.

#### **устройства подачи пусковой жидкости**

Широкое распространение получил способ использования легковоспламеняющихся пусковых жидкостей, которые содержат компоненты с низкой температурой самовоспламенения и отличаются большим разнообразием составов.

Пусковая жидкость подается непосредственно в цилиндры двигателя вместе с основным топливом или с помощью специальных приспособлений – во впускной трубопровод. Работа устройства для подачи пусковой жидкости во впускной трубопровод основана на пневматическом или механическом распыливании жидкости и ее дальнейшем испарении. Использование пусковой жидкости и маловязкого загущенного масла позволяет обеспечивать пуск двигателя до температуры  $-30^{\circ}\text{C}$  при частоте вращения коленчатого вала 40–55 мин<sup>-1</sup>.

Автоматическое управление подачей пусковой жидкости возможно в устройствах, основанных на аэрозольном распыливании. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом приведено на рис. 5.7. Пусковая жидкость находится под давлением в аэрозольном баллоне 13 с клапанным устройством. В качестве вытесняющего газа применяют пропан, бутан и другие газы, давление которых незначительно зависит от температуры. Аэрозольное пусковое устройство устанавливают с по мощью кронштейна 5 в отсеке двигателя в легкодоступном для смены баллона месте.



**Рис. 5.7. Аэрозольное пусковое приспособление с электромагнитным приводом:**

1 – регулировочный винт; 2 – нажимной подпятник; 3 – складывающиеся дужки; 4 – ось дужек; 5 – кронштейн крепления; 6 – эмульсионная трубка; 7 – электромагнит; 8 – магнитопровод; 9 – пластинчатый клапан; 10 – трубопровод; 11 – форсунка; 12 – резиновый уплотнитель; 13 – аэрозольный баллон

Управление приспособлением дистанционное, из кабины водителя или тракториста. При включении электромагнита 7 якорь перемещается вниз, нажимает эмульсионной трубкой на шток клапана аэрозольного баллона и одновременно открывает проход для аэрозоли в трубопровод 10 через пластинчатый клапан 9. К форсунке 11 распылителя, расположенной во впускном трубопроводе двигателя, аэрозоль поступает через эмульсионную трубку 6 и внутреннюю полость якоря электромагнита 7.

Один аэрозольный баллон может обеспечить 8–10 пусков двигателя при температуре  $-30^{\circ}\text{C}$ . При установке в приспособление верхнюю часть нового баллона совмещают с корпусом и прижимают к нему опорной пятой, перемещающейся по дужкам 3, с помощью регулировочного винта 1. Уплотнение в стыке баллона с корпусом обеспечивается резиновым уплотнителем 12. Электронагревательные устройства для предпускового подогрева двигателей.

Для предпускового подогрева двигателей применяются электрические нагреватели различных типов. По методу превращения электрической энергии в тепловую электронагревательные устройства подразделяют на нагреватели сопротивлений, радиационные, электродные, полупроводниковые и др. Наибольшее распространение получили нагреватели сопротивлений, которые изготавливают из проводников с высоким удельным электросопротивлением. Проводниками тока электронагревателей являются сплавы железа, никеля, хрома, алюминия, марганца, меди или графита, выдерживающие высокие температуры.

Проводники нагревателей выполняют в виде проволоки или ленты, свитых в спираль, и помещают в изоляционный материал, который должен обладать термостойкостью,



иметь хорошую теплопроводность и не поглощать влагу. В качестве изоляционных материалов обычно применяют порошки оксида магния (периглаз, электрокорунд, тальк, кварцевый песок, стекло, фарфор, слюду, мрамор, асбест).

По конструкции электронагреватели делятся на открытые, защищенные и герметичные. Открытые нагреватели изготавливают из проволоки или ленты и закрепляют на изоляционном каркасе. Устанавливают их непосредственно в нагреваемую среду или рядом с ней. Теплопередача происходит путем конвекции и лучеиспускания.

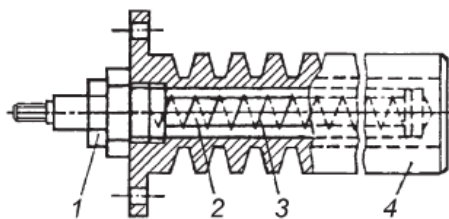
Электронагреватель открытого типа для подогрева охлаждающей жидкости двигателя размещают в нижнем патрубке радиатора или в специальной бачке, который шлангами соединен с жидкостным насосом или нижним патрубком радиатора.

Защищенный электронагреватель отличается тем, что токопроводящая проволока укрепляется на изоляционном материале или запрессовывается в него и закрывается металлической оболочкой. Защита токопроводящей проволоки от механических повреждений и загрязнений делает нагреватель менее опасным, но не предохраняет нагревательный элемент от соприкосновения с влагой и воздухом. Теплопередача от нагревательного элемента происходит через изоляционный материал, воздух и оболочку.

Эластичные нагревательные элементы, выполненные из графитных нитей, для большей прочности сплетенных в тканевые полоски, применяются на автомобилях и тракторах. Полоски такой ткани изолируют с наружной стороны термостойкими материалами и соединяют с контактными устройствами.

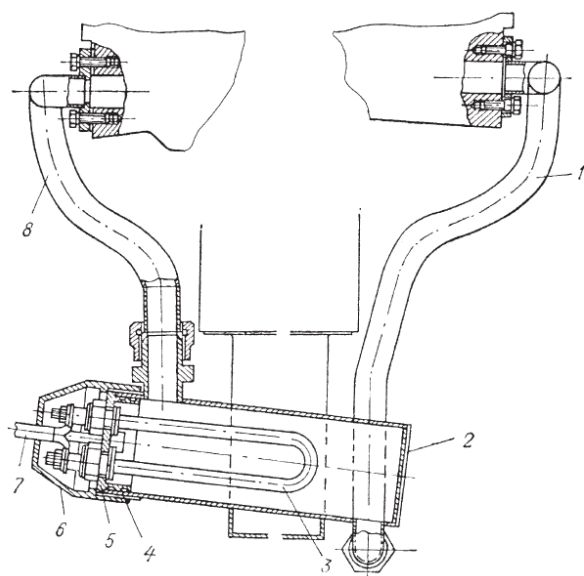
Высокой надежностью и электробезопасностью обладает герметически закрытый трубчатый электронагреватель (ТЭН). ТЭН состоит из мягкой металлической оболочки, в которой помещена спираль, свитая из нихромовой проволоки. Особенностью его конструкции является малая толщина изоляционного материала с хорошей теплоотдачей и герметически закрытая спираль, не имеющая соприкосновения с кислородом воздуха.

Конфигурация ТЭНа и приваренных штуцеров его крепления зависит от места установки на двигателе. ТЭНы могут применяться для прогрева масла в картере двигателя, охлаждающей жидкости, дизельного топлива и электролита аккумуляторной батареи.



**Рис. 5.8. Электронагреватель масла в двигателе:**

1 – изолятор; 2 – стержень; 3 – нихромовая спираль; 4 – корпус



**Рис. 5.9. Электронагреватель масла и охлаждающей жидкости для дизеля:**

1 – трубка подвода холодной жидкости; 2 – корпус нагревателя (котел); 3 – нагревательный элемент; 4 – уплотнительные кольца; 5 – днище нагревателя; 6 – защитный колпак; 7 – провод вилки штепсельного разъема; 8 – трубка отвода горячей жидкости

#### **1.5.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.5.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.



## **1.6 Лабораторная работа №6 ( 2 часа).**

**Тема: «Проверка технического состояния свечей зажигания»**

**1.6.1 Цель работы:** Изучение конструкции свечей зажигания, их технические характеристики, способы проверки.

### **1.6.2 Задачи работы:**

1. Изучит конструкцию свечей зажигания.
2. Определения технического состояния.
3. Изучить ТО свечей зажигания.

### **1.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - свечей зажигания различной конструкции.

### **1.6.4 Описание (ход) работы:**

Свеча зажигания обеспечивает воспламенение топливовоздушной смеси в цилиндре бензинового двигателя электрической искрой, которая возникает между электродами свечи при подаче на нее высокого вторичного напряжения катушки зажигания.

По принципу работы различают свечи с воздушным искровым промежутком, со скользящей искрой, полупроводниковые, многоискровые и другие, по исполнению – неэкранированные (открытого типа) и экранированные. От совершенства конструкции свечи зажигания, правильного подбора ее к двигателю в значительной мере зависит надежность работы и системы зажигания, и двигателя.

Автомобильные двигатели отличаются по характеру нагрузки, степени сжатия, типу системы охлаждения, способу управления топливоподачей, организации процесса смесеобразования и многим другим факторам. Поэтому невозможно создать одну конструкцию свечи зажигания для всех двигателей. Свечи зажигания могут существенно отличаться по конструктивному исполнению, применяемым материалам и характеристикам. Для правильного выбора свечи зажигания, которая обеспечит наилучшие мощностные и экономические показатели двигателя, необходимо иметь полное представление об условиях ее работы на двигателе.

При работе на двигателе свеча зажигания подвергается комплексному циклическому воздействию высоких механических, электрических и химических нагрузок. Диапазоны изменения этих нагрузок очень широки. Частота циклирования действующих на свечу зажигания нагрузок зависит от частоты вращения коленчатого вала и тактности двигателя. По мере развития двигателестроения и форсирования двигателей интенсивность воздействия перечисленных нагрузок на свечу зажигания возрастает. Срок службы свечей на разных двигателях различен. Снижению срока службы свечей зажигания способствует наличие в бензине антидетонационных присадок, содержащих свинец. Свеча зажигания подвергается воздействию не только циклических нагрузок внутри камеры сгорания, но и внешних климатических факторов.

**Тепловые нагрузки.** Температура газовой среды в камере сгорания двигателя колеблется от 70 С, что соответствует температуре свежего заряда топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндр, до 2000–2700 С (максимальная температура цикла). В то же время в подкапотном пространстве двигателя окружающий свечу зажигания воздух может иметь температуру от –60 до +100 С. Из-за неравномерного нагрева отдельных участков свечи в ней возникают тепловые деформации и напряжения, опасные тем, что в конструкции свечи использованы материалы с различными коэффициентами линейного расширения.

ния (различные металлы, сплавы металлов, керамика). Указанный перепад температур свечи должна выдерживать без потери работоспособности.

**Механические нагрузки.** В каждом цикле сгорания топливовоздушной смеси в цилиндре двигателя на свечу зажигания действует значительная ударная нагрузка, стремящаяся вырвать изолятор свечи из корпуса. Максимальное давление цикла достигает 5–6 МПа. В процессе сборки свечи зажигания по существующей технологии при завальцовке в корпус и термоосадке изолятор подвергается усилию сжатия 25–30 кН. При ввертывании свечи в головку блока цилиндров к ее корпусу прикладывается вращающий момент 40–60 Нм. При длительной эксплуатации величина вращающего момента может значительно увеличиться из-за образования нагара на резьбе или срыва резьбы в головке цилиндров. На работающем двигателе свеча зажигания испытывает также вибрационные нагрузки.

**Электрические нагрузки.** Свеча зажигания периодически находится под высоким вторичным напряжением системы зажигания, величина которого может достигать 30 кВ. Электрическая нагрузка на свечу возрастает с увеличением искрового промежутка между электродами, при скруглении острых кромок на центральном электроде и образовании выемки на боковом электроде вследствие электрической эрозии. Интенсивность изнашивания электродов дополнительно возрастает из-за того, что в продуктах сгорания находятся вещества, вызывающие химическую коррозию электродов. Такие вещества могут оказывать воздействие даже на керамический изолятор. Опыт эксплуатации показывает, что в процессе работы свечи зажигания зазор между электродами увеличивается в среднем на 0,015 мм на 1000 км пробега автомобиля. С целью повышения экономичности двигателя за счет использования обедненных топливовоздушных смесей зазор между электродами свечей увеличивают до 1,2–1,5 мм, что неизбежно приводит к необходимости роста вторичного напряжения системы зажигания и, как следствие, к повышению электрических нагрузок на свечу.

**Шунтирование искрового промежутка свечи.** Неполное сгорание топлива в цилиндре двигателя приводит к отложению токопроводящего нагара на поверхности теплового корпуса изолятора свечи зажигания.

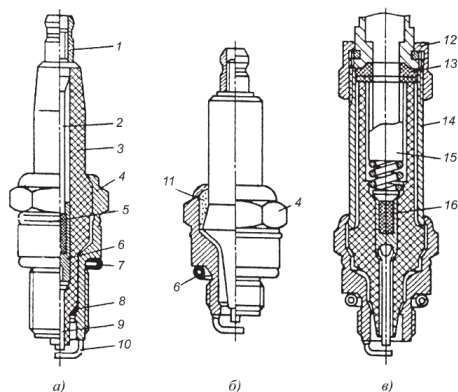
Нагар образуется также вследствие попадания на тепловой конус моторного масла. Смазочный материал является изолятором, но когда он смачивает слой ранее отложившегося нагара, то образующееся при этом вещество становится электропроводным. Вероятность появления нагара на тепловом конусе изолятора возрастает при работе двигателя на бензине с антидетонационными присадками.

Токопроводящий нагар на тепловом конусе изолятора шунтирует искровой промежуток свечи, вызывая утечку тока при росте напряжения во вторичной цепи катушки зажигания. Вторичное напряжение, подводимое к электродам свечи зажигания, уменьшается. Чем меньше шунтирующее сопротивление, тем больше сила тока утечки и меньше подводимое к электродам свечи вторичное напряжение. Напряжение во вторичной цепи системы зажигания может оказаться равным или меньшим напряжения пробоя. В данном случае возникают перебои в искрообразовании.

Прекращение искрообразования возможно из-за конденсации влаги на холодном тепловом конусе свечи при пуске двигателя. К аналогичному результату может привести утечка тока, а иногда и разряд по наружной поверхности изолятора, находящейся в подкапотном пространстве, если она загрязнена или покрыта влагой. Поэтому материал изолятора не должен поглощать влагу, а поверхность изолятора должна быть стойкой к смачиванию.

Наибольшее распространение на автомобилях получили неэкранированные свечи зажигания с воздушным искровым промежутком. Свеча зажигания (рис. 6.75) имеет металлический корпус 4 с резьбой для ввертывания в отверстие головки блока цилиндров. Герметичность цилиндра в резьбовом соединении обеспечивается уплотнительным кольцом 7. В корпусе 4 путем завальцовки его верхнего края закреплен изолятор 3, внутри ко-

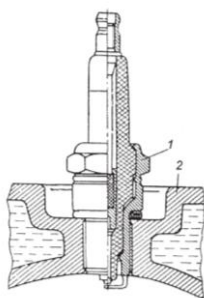
торого проходит контактный стержень 2, оканчивающийся контактной головкой 1 в верхней части и центральным электродом 9 в нижней. Во многих конструкциях свечей контактный стержень 2 и центральный электрод 9 разделены электропроводным герметиком 6. Для лучшего сцепления с герметиком на нижней части контактного стержня выполнена сетчатая накатка. Боковой электрод 10 с корпусом 4 соединен методом контактной сварки. Между коническими посадочными местами изолятора и корпуса устанавливают теплопроводящую уплотнительную шайбу 8. Кроме отвода теплоты теплопроводящая шайба 8 герметизирует корпус свечи.



**Рис. 6.75. Свечи зажигания:**

*а, б* – неэкранированные; *в* – экранированная; 1 – контактная головка; 2 – контактный стержень; 3 – изолятор; 4 – корпус; 5 – термоосадочный пояс; 6 – электропроводный герметик; 7, 13 – уплотнительные кольца; 8 – теплопроводящая шайба; 9 – центральный электрод; 10 – боковой электрод; 11 – тальк; 12 – гайка; 14 – экран; 15 – контактное устройство; 16 – контактный стержень

Герметичность между корпусом и изолятором является одним из важнейших требований к свече зажигания. Даже незначительная потеря герметичности приводит к прорыву горячих газов, перегреву изолятора свечи и его быстрому разрушению. Герметизация между изолятором и корпусом в одних конструкциях свечей достигается термоосадкой корпуса. После завальцовывания буртика корпуса термоосадочный пояс 5 нагревается током высокой частоты до температуры 700–800С, после чего опрессовывается при усилии 20–25 кН. В других конструкциях свечей (рис. 6.75, б) герметизация обеспечивается с помощью талька 11 с последующей завальцовкой буртика корпуса.



**Рис. 6.76. Установка свечи зажигания в головке блока цилиндров:**

1 – свеча зажигания; 2 – головка блока цилиндров

При необходимости более полного подавления радиопомех и обеспечения работы свечи зажигания в условиях сильного загрязнения применяют экранированные (рис. 6.75, в) и, как правило, герметизированные свечи. Контакт высоковольтного провода со свечой обеспечивается с помощью контактного устройства 15, а защита от попадания на свечу влаги – резиновым уплотнителем и гайкой 12, накрученной на экран 14. Контактный стержень выполнен укороченным.

Некоторые экранированные свечи зажигания имеют встроенный помехоподавительный резистор. Пример установки неэкранированной свечи зажигания в головке блока цилиндров показан на рис. 6.76.

Тепловые, механические, электрические и химические нагрузки главным образом воздействуют на изолятор свечи зажигания, который должен иметь высокую электрическую и механическую прочность, быть химически инертным и термостойким. От свойств материала изолятора зависят эксплуатационные свойства и тепловые характеристики свечи зажигания.

Изоляторы свечей изготавливают из уралита, боркорунда, хилумина, синоксала и других материалов, обладающих высокой электрической и механической прочностью при высоких температурах. Уралит, боркорунд, синоксаль являются керамическими материалами с высоким содержанием оксида алюминия  $Al_2O_3$ . Для улучшения изоляционных свойств поверхности наружной части изолятора ее полируют или покрывают глазурью.

Материалы электродов свечей зажигания должны обладать высокой коррозионной и эрозионной стойкостью, жаростойкостью, хорошей теплопроводностью, пластичностью. Центральный электрод обычно имеет круглое сечение, а боковой – прямоугольное с закругленными углами. Центральный электрод нагревается в большей степени, чем боковой. Поэтому его изготавливают из высокохромистых сплавов: хромотитанового 13X25T или хромоникелевого X20H80 (нихрома). Для изготовления бокового электрода используют никельмарганцевый сплав НМц\_5.

Температурный диапазон безотказной работы свечи зажигания может быть расширен за счет применения электродов с сердцевинкой из меди и термостойким покрытием никелевым сплавом, а также серебряных и платиновых электродов (свечи типа "термопластик"). Благодаря лучшей теплопередаче, снижение температуры центрального электрода и теплового конуса изолятора при сравнительно большой длине теплового конуса позволяет применять такие свечи на форсированных высокооборотных двигателях, не опасаясь снижения способности свечи к самоочищению на режимах частичных нагрузок двигателя и холостого хода.

Корпус свечи и контактную головку изготавливают из конструкционных сталей. Для предохранения от коррозии стальной корпус подвергают воронению и цинкованию. Материал уплотнительных колец – сталь, алюминий или медь. Медные кольца предпочтительнее, так как обеспечивают лучшую теплопередачу.

Искровая свеча зажигания обеспечивает работу двигателя без перебоев в искрообразовании и калильного зажигания топливовоздушной смеси, если температура теплового конуса изолятора, расположенного в камере сгорания, находится от 400–450 до 850–900 °С. Нижняя граница указанного температурного диапазона определяется условием самоочищения теплового конуса изолятора свечи от нагара. Для быстрого прогрева до температуры самоочищения при пуске двигателя и достаточного нагрева при работе двигателя на режимах холостого хода и частичных нагрузок тепловой конус изолятора свечи должен иметь максимально допустимую длину. В то же время тепловой конус изолятора и центральный электрод не должны нагреваться до температуры выше 850–900 °С при работе двигателя с полной нагрузкой во избежание воспламенения топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи до появления искры между электродами.

Калильное зажигание характеризуется падением развиваемой двигателем мощности, а также резким повышением температуры и давления газов в цилиндре, приводящим к серьезным неисправностям двигателя: прогару поршня, разрушению деталей кривошипно-шатунного механизма, оплавлению выпускного клапана, изолятора и электродов свечи зажигания. В связи с большей длительностью нахождения в цилиндре газов с высокой температурой при раннем воспламенении топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи резко возрастает температура стенок камеры сгорания, что неизбежно ведет к прогрессивному развитию процессов калильного зажигания.

Оплавление электродов не обязательно свидетельствует о том, что именно свеча была причиной калильного зажигания. Часто электроды свечи, и без того испытывающие высокие тепловые нагрузки, выгорают в результате калильного зажигания от каких-либо деталей, находящихся в камере сгорания.

Условия работы свечей зажигания на различных двигателях существенно отличаются, тогда как температурные пределы нормальной ее работоспособности практически одинаковы. Поэтому невозможно создать свечу, одинаково хорошо работающую на всех двигателях.

Свечи различают, в основном, по тепловой характеристике, под которой понимается ее способность воспринимать теплоту от рабочих газов в цилиндре и передавать ее в окружающую среду, нагреваясь до температур, находящихся в определенном диапазоне. Тепловую характеристику изменяют за счет изменения количества теплоты, поступающей в свечу, добиваясь наилучшего теплоотвода от нее.

Количество теплоты, передаваемой свече, зависит от степени сжатия, формы камеры сгорания, материала поршня и головки блока цилиндров, способа охлаждения, нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Чем больше количество теплоты, выделяемой в камере сгорания, тем больше должна быть теплоотдача свечи.

Теплоотдача от свечи в окружающую среду осуществляется через ее корпус, изолятор, центральный и боковой электроды (рис. 6.77) часть теплоты (около 20 %) отводится от свечи, поступающей в камеру сгорания свежей топливовоздушной смесью.

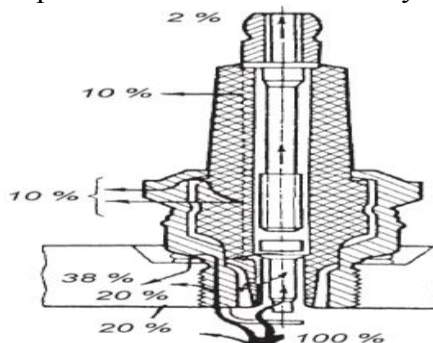


Рис. 6.77. Тепловой баланс свечи

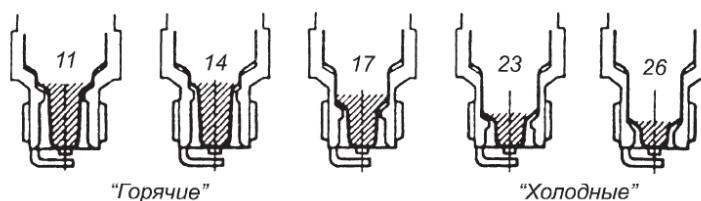


Рис. 6.78. Свечи с различными тепловыми характеристиками

Теплоотдача свечи зависит от длины теплового конуса изолятора. При длинном тепловом конусе изолятора отвод теплоты от него затрудняется: свеча с длинным тепловым конусом получает большое количество теплоты и плохо охлаждается. Такую свечу принято называть "горячей" (рис. 6.78). Короткий тепловой конус изолятора, обеспечивающий хорошую теплопередачу, характерен для "холодных" свечей. При установке "горячей" свечи на форсированный быстроходный двигатель возникнет калильное зажигание, тогда как на изоляторе "холодной" свечи, установленной на тихоходном двигателе с низкой степенью сжатия, будет откладываться нагар, шунтирующий искровой промежуток.

Тепловую характеристику свечи зажигания оценивают калильным числом (величина, пропорциональная среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи на специальной моторной установке с одноцилиндровым двигателем возникает калильное зажигание). Калильное число выбирается из следующего ряда чисел: 8, 11, 14, 17, 20, 23 и 26.

Малые значения калильных чисел относятся к "горячим" свечам, высокие значения – к "холодным". В некоторых странах за калильное число принимают время, в течение которого эталонный двигатель работает до начала калильного зажигания. Так, калильные числа свечей зажигания фирмы "Бош" (Bosch) находятся в пределах 45–260 условных единиц. "Холодная" свеча с высоким калильным числом не обеспечивает необходимый тепловой режим изолятора при работе двигателя в режиме холостого хода и при малых нагрузках (рис. 6.79, кривая 2).

Очевидно, что на этих режимах обеспечивается нормальная работа "горячей" свечи с меньшим калильным числом (рис. 6.79, кривая 1). Однако при этом существует опасность перегрева изолятора и центрального электрода и даже возникновения калильного зажигания

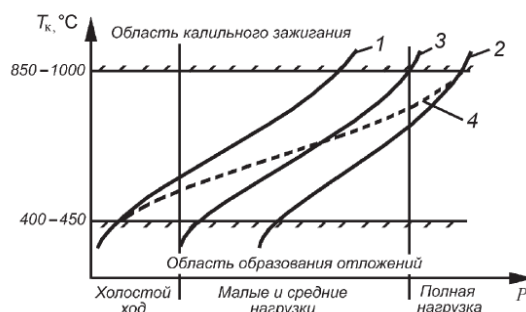


Рис. 6.79. Зависимость температуры  $T_k$  теплового конуса изолятора свечи от нагрузки  $P$  двигателя для свечей:

1 – "горячей"; 2 – "холодной"; 3 – "нормальной"; 4 – типа "термопластик" при работе двигателя с полной нагрузкой. Применением свечи типа "термопластик" (рис. 6.79, кривая 4) обеспечивается нормальная ее работа в более широком диапазоне нагрузок двигателя.

Искровые свечи различают по диаметру резьбы корпуса, длине ввертной части, типу уплотнения, калильному числу. Маркировка свечей зажигания должна содержать: обозначение диаметра и шага резьбы (А – резьба М14\_1,25 или М – резьба М18\_1,5); букву, характеризующую особенность конструкции свечи (К – с коническим уплотнителем без прокладки; М – малогабаритная); калильное число, указываемое после двух букв (если конструктивные особенности свечи отсутствуют, то калильное число ставится после первой буквы); длину резьбовой части 19 или 11 мм соответственно буквы Д или Н (при отсутствии буквы после калильного числа длина резьбовой части 12 мм); на выступание теплового конуса изолятора за торец корпуса указывает буква В.

*Пример маркировки:* А17ДВ – свеча с резьбой М14\_1,25, калильным числом 17, длиной резьбовой части корпуса 19 мм, выступающим тепловым конусом, обычным уплотнением медной шайбой.

Свечи к двигателю должны подбираться с учетом реальных условий эксплуатации. Повышение степени сжатия, литровой мощности, частоты вращения коленчатого вала, наличие наддува требуют применения свечей с большим калильным числом, т.е. "холодных" свечей. С другой стороны, повышение требований к таким показателям двигателя, как топливная экономичность, малая токсичность, улучшение пусковых свойств при низких температурах, повышение стабильности работы в режимах холостого хода и малых нагрузок обуславливают применение "горячих" свечей с малыми калильными числами. В результате большое значение придается созданию конструкций свечей с расширенным диапазоном безотказной работы по нагрузке.

Если свеча по калильному числу выбрана правильно, то тепловой конус изолятора имеет цвет от серо-оранжевого до коричневого. Белый цвет изолятора свидетельствует о том, что свеча перегревается, т.е. имеет слишком малое калильное число. Если калильное число свечи выше необходимого, тепловой конус изолятора покрывается бархатистым матово-черным нагаром. В случае нарушения герметичности свечи или ослабления ее креп-

ления в головке блока цилиндров возможны сильная эрозия электродов и появление на тепловом конусе изолятора капель расплава.

На автомобилях применяются провода высокого напряжения обычные с металлическим проводником 1 (рис. 6.80, *а* и *б*) и специальные с распределенными параметрами для подавления радиопомех (рис. 6.80, *в–д*).

Высоковольтные провода марок ПВВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС имеют медную токопроводящую жилу, изолированную поливинилхлоридным пластиком, резиной или полиэтиленом. Поверх изоляции токопроводящей жилы провода марок ПВРВ, ППОВ и ПВЗС еще имеют оболочку из поливинилхлоридного пластика и резины повышенной маслбензостойкости.

Системы зажигания автомобильных бензиновых двигателей являются источником радиопомех. Высоковольтные провода таких систем выполняют функцию антенн, излучающих энергию в результате радиопомех. Для того чтобы уровень радиопомех не превышал нормированных значений, провода марок ППВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС на двигателе устанавливаются с помехоподавительными резисторами, которые могут находиться на свечах или в распределителе зажигания.

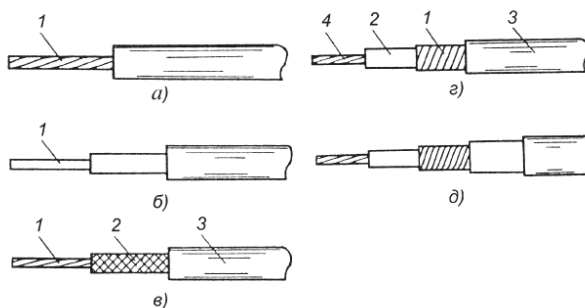


Рис. 6.80. Высоковольтные провода марок:  
а – ПВВ; б – ПВРВ; в – ПВВО; г – ПВВП; д – ПВВП\_40

В настоящее время широко применяются провода с распределенным активным сопротивлением (резистивный провод), которые позволяют отказаться от помехоподавительных резисторов. Токопроводящая жила резистивного провода выполняется из неметаллического материала с высоким электрическим сопротивлением. Для сердечника жилы используется хлопчатобумажная пряжа (рис. 6.80, *в*), пропитанная сажевым раствором. Сердечник жилы находится в хлопчатобумажной или капроновой оплетке 2. Для изоляции 3 резистивных проводов используют поливинилхлоридный пластикат, одно- или двухслойную резину. Недостатком резистивного провода является то, что при их использовании трудно обеспечить надежный контакт сердечника из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной сажевым раствором, в хлопчатобумажной или капроновой оплетке с наконечниками. Поэтому на автомобилях нашли применение реактивные провода с активным, индуктивным и емкостным распределенным сопротивлением переменному току. Благодаря наличию в них металлической токопроводящей жилы легко обеспечивается надежный контакт с наконечниками.

На льняную нить 4 (рис. 6.80, *г*) реактивного провода нанесен слой ферропласта, состоящий (по массе) из 80 % ферритового порошка и 20 % поливинилхлоридного.

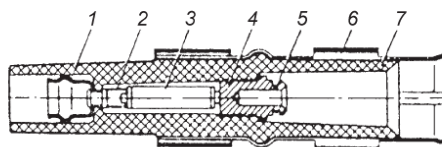


Рис. 6.81. Экранированный наконечник свечи:  
1 – вывод; 2 – пружина; 3 – резистор; 4 – наконечник; 5 – скоба; 6 – экран; 7 – корпус



Резистивный провод ПВВОбладает сопротивлением 15–40 кОм/м и рассчитан на максимальное рабочее напряжение 15 кВ. Реактивные провода применяются, в частности, на автомобилях ВАЗ. Поглощение радиопомех в проводе марки ПВВП обеспечивается проводником и диэлектриком ферропластового сердечника. Провод ПВВП выпускается диаметром 7,2 мм на напряжение 25 кВ и диаметром 8,0 мм на напряжение 40 кВ и имеет сопротивление 2 кОм/м.

Для бесконтактных систем зажигания автомобилей ВАЗ применяется провод ПВВП\_40 с силиконовой изоляцией, рассчитанный на напряжение до 40 кВ, сопротивлением 2,55 кОм/м.

Помехоподавительный резистор 3 (рис. 6.81) может встраиваться в свечной экранированный наконечник.

#### **1.6.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.6.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## 1.7 Лабораторная работа №7 ( 2 часа).

**Тема: «Проверка технического состояния приборов и аппаратов контактной системы зажигания»**

**1.7.1 Цель работы:** Изучение конструкции системы зажигания, их техническая характеристика, способы проверки технического состояния.

### 1.7.2 Задачи работы:

1. Изучить устройство системы зажигания.
2. Способы обслуживания системы зажигания.
3. Регулировку системы зажигания.

### 1.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - автомобиль с исправной контактной системы зажигания.

### 1.7.4 Описание (ход) работы:

Система зажигания предназначена для воспламенения топливовоздушной смеси в цилиндрах бензинового двигателя. Топливовоздушная смесь воспламеняется в камере сгорания двигателя посредством электрического разряда между электродами свечи зажигания, установленной в головке цилиндров. Для создания искры между электродами свечи зажигания применяют системы зажигания от магнето и батарейные системы зажигания, источниками высокого напряжения в которых являются индукционные катушки.

Система зажигания включает в себя следующие основные элементы (рис. 6.1): источник тока *ИТ*, функцию которого выполняет аккумуляторная батарея или генератор; выключатель *ВК* цепи электроснабжения (выключатель зажигания); датчик *Д* углового положения коленчатого вала; регуляторы момента зажигания *РМЗ*, которые задают определенный момент подачи высокого напряжения на свечу в зависимости от частоты вращения  $n$  коленчатого вала, разрежения  $\Delta p_k$  во впускном трубопроводе и октанового числа бензина; источник высокого напряжения *ИВН*, содержащий промежуточный накопитель энергии *НЭ* и преобразователь низкого напряжения в высокое; силовое реле *СР*, в качестве которого могут служить механические контакты прерывателя или электронный ключ (транзистор или тиристор); распределитель *Р* импульсов высокого напряжения по свечам; помехоподавительные устройства *ПП* (экранирующие элементы системы зажигания или помехоподавительные резисторы); свечи зажигания *СВ*, на которые подается высокое вторичное напряжение.

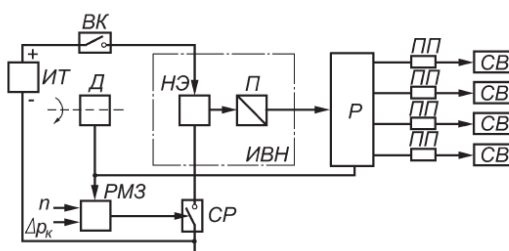


Рис. 6.1. Схема батарейной системы зажигания

В батарейной системе зажигания источником энергии является аккумуляторная батарея или генератор (в зависимости от режима работы двигателя). Система зажигания от магнето принципиально отличается от батарейной тем, что источник электроэнергии в ней

–магнитоэлектрический генератор, конструктивно объединенный с индукционной катушкой. Система зажигания от магнето в настоящее время на автомобилях практически не применяется, однако находит применение на пусковых бензиновых двигателях тракторных дизелей.

Система зажигания обеспечивает генерацию импульсов высокого напряжения в нужный момент времени на тактах сжатия в цилиндрах двигателя и их распределение по цилиндрам в соответствии с порядком их работы. Момент зажигания характеризуется углом опережения зажигания УОЗ, который представляет собой угол поворота коленчатого вала от положения в момент подачи искры до положения, когда поршень проходит через верхнюю мертвую точку ВМТ. Электрическая искра вызывает появление в ограниченном объеме топливовоздушной смеси первых активных центров, от которых начинается развитие химической реакции окислительного топлива, сопровождающейся выделением теплоты. Процесс сгорания рабочей смеси разделяют на три фазы: начальная, в которой формируется пламя, инициированное искровым разрядом в свече; основная, в которой пламя распространяется на большую часть камеры сгорания; конечная, в которой пламя догорает у стенок цилиндра.

Для бесперебойного искрообразования на свечу зажигания необходимо подать напряжение до 30 кВ.

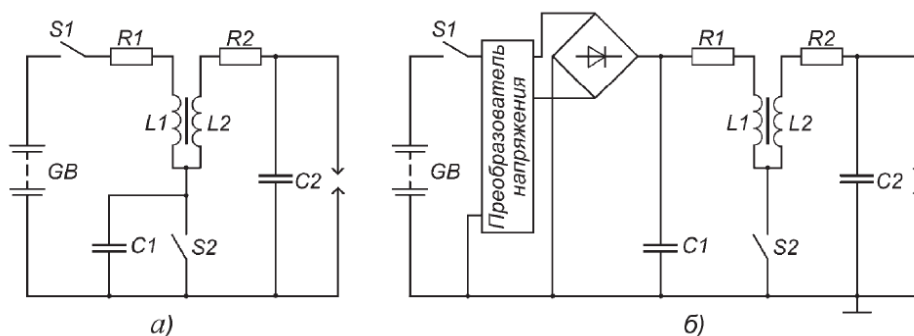


Рис. 6.2. Система зажигания с накоплением энергии:

*а* – в магнитном поле; *б* – в электрическом поле

Высокий уровень напряжения обеспечивает промежуточный источник энергии. По способу накопления энергии в промежуточном источнике различают системы с накоплением энергии в магнитном поле (в индуктивности) или в электрическом поле конденсатора (в емкости) (рис. 6.2). В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой трансформатор (или автотрансформатор), содержащий две обмотки: первичную  $L1$  с малым числом витков и электросопротивлением в доли и единицы ома и вторичную обмотку  $L2$  с большим числом витков и сопротивлением в единицы и десятки килоом.

Автотрансформаторная связь обмоток упрощает конструкцию и технологию изготовления катушки, а также несколько увеличивает вторичное напряжение. Коэффициент трансформации катушек зажигания находится в пределах 50–225.

В системах зажигания с накоплением энергии в катушках зажигания (в индуктивности) первичная обмотка  $L1$  катушки подключается к источнику электроснабжения (на рис. 6.2, *а* к аккумуляторной батарее  $GB$ ) последовательно через механический или электронный прерыватель  $S2$ . В системах зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора (в емкости) первичная обмотка катушки периодически подключается к конденсатору управляемым электронным переключателем  $S2$  (рис. 6.2, *б*). Конденсатор предварительно заряжается от источника электроснабжения на автомобиле через статический преобразователь напряжения.

Как видно из индикаторной диаграммы (рис. 6.3), для рабочих циклов двигателя характерно значительное изменение давления  $p$  в цилиндрах. С изменением давления изменяется и температура топливовоздушной смеси. Сжатие топливовоздушной смеси начина-

ется после закрытия впускного клапана в точке  $a_2$ . Если смесь не воспламеняется, то давление в цилиндре повышается до максимального значения в момент прохождения поршнем ВМТ (штриховая линия). Более резкий рост давления в цилиндре после подачи искры в точке  $K$  обусловлен воспламенением и последующим сгоранием рабочей смеси. На такте расширения за счет теплоты, выделяемой при сгорании топлива, совершается полезная работа цикла.

Для большинства двигателей оптимальное положение точки  $z$  на диаграмме, когда давление сгорания достигает максимального значения, составляет 12–15° угла в поворота коленчатого вала после ВМТ.

Начальная фаза сгорания топливовоздушной смеси – фаза формирования фронта пламени – соответствует участку индикаторной диаграммы от момента подачи искры в точке  $K$  до точки  $m$ , когда давление в цилиндре в результате выделения теплоты сгорания топлива становится выше давления сжатия без подачи искры. На длительность данной фазы влияют состав смеси, степень сжатия, частота вращения коленчатого вала, нагрузка двигателя, параметры искрового разряда и другие факторы.

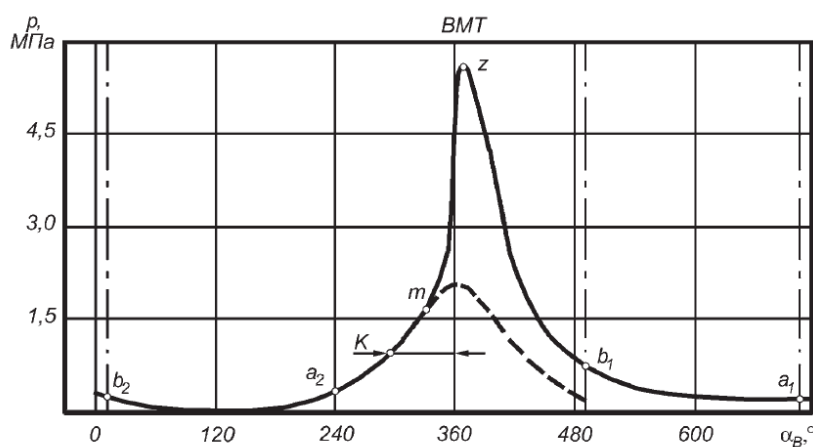


Рис. 6.3. Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя внутреннего сгорания:  $a_1$  и  $a_2$  – точки, соответствующие началу открытия и закрытия впускного клапана;  $b_1$  и  $b_2$  – точки, соответствующие открытию и закрытию выпускного клапана

После окончания начальной фазы до момента, когда давление достигает максимального значения, протекает основная фаза горения, которая мало зависит от физико-химических свойств рабочей смеси. С увеличением частоты вращения коленчатого вала возрастает турбулентность смеси и длительность начальной фазы уменьшается, однако одновременно уменьшается и длительность всего цикла сгорания. Поэтому угол фв поворота коленчатого вала, соответствующий основной фазе сгорания, изменяется незначительно. В течение основной фазы сгорает до 90 % рабочей смеси.

В конечной фазе (фазе догорания) сгорает рабочая смесь, находящаяся у стенок цилиндра. На длительность конечной фазы параметры искрового разряда не влияют, так как свеча находится в зоне уже полностью сгоревшей рабочей смеси.

Сгорание рабочей смеси на конечной стадии может сопровождаться возникновением ударных волн. Такое сгорание называется *детонационным*. Скорость детонационного сгорания превышает скорость распространения фронта пламени при нормальном протекании процесса сгорания. Внешним проявлением детонации является звонкий "металлический" звук, возникающий при отражении ударных волн от стенок цилиндра. Детонационное сгорание сопровождается повышенными тепловыми и механическими нагрузками на детали цилиндропоршневой группы. Детонация устраняется уменьшением УОЗ.

Воспламенение топливовоздушной смеси электрической искрой происходит благодаря локальному тепловыделению (тепловая теория) или сильной ионизации газа (ионизационная теория). Температура нагрева небольшого объема топливовоздушной смеси около электродов свечи зажигания и требуемая для воспламенения энергия искры зависят от

состава смеси и степени ее турбулизации, которая, в свою очередь, зависит от режимов работы двигателя и организации процессов топливоподачи и поступления рабочего заряда в цилиндры.

Батарейные системы зажигания можно классифицировать по шести основным признакам (рис. 6.4):

- способу синхронизации подачи искры в цилиндры;
- способу регулирования угла опережения зажигания;
- способу накопления энергии;
- типу силового реле, размыкающего цепь первичной обмотки катушки зажигания;
- способу распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя;
- типу защиты от радиопомех.



Рис. 6.4. Классификация батарейных систем зажигания

В системах с накоплением энергии в электрическом поле невозможно накопить достаточную для воспламенения топливовоздушной смеси энергию в конденсаторе приемлемых размеров при низком напряжении системы электрооборудования автомобиля. Поэтому в схему такой системы зажигания вводится преобразователь напряжения, что усложняет схему и не дает существенных преимуществ, поэтому системы зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора (в емкости) на автомобилях практически не применяются.

При накоплении энергии в емкости цепь первичной обмотки катушки зажигания размыкает управляемый тиристор. Такие системы называют тиристорными. В тиристорных системах катушка зажигания не накапливает энергию, что является функцией конденсатора, а только преобразует напряжение.

Для тиристорных систем зажигания характерна высокая скорость роста вторичного напряжения, что обеспечивает надежное искрообразование при загрязненном и покрытом нагаром изоляторе свечи. Так как конденсатор успевает полностью зарядиться на всех режимах работы двигателя, вторичное напряжение остается практически неизменным при изменении частоты вращения коленчатого вала.

При пуске двигателя, его работе на режимах частичных нагрузок и на очень обедненных топливовоздушных смесях важную функцию выполняет индуктивная составляющая искры, продолжительность которой в системах с накоплением энергии в индуктивности составляет 1,5–2,0 мс, а в тиристорных системах зажигания не превышает 300 мкс.

Нормирование времени накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания средствами электроники позволило практически исключить зависимость вторичного напряжения от частоты вращения коленчатого вала и от шунтирующего сопротивления нагара на изоляторе свечи. Благодаря отмеченным преимуществам системы зажигания с накоплением энергии в индуктивности нашли широкое распространение на автомобильных бензиновых двигателях.

По способу управления системы зажигания подразделяют на контактные и бесконтактные. При контактном управлении возникают проблемы, связанные с износом, регулировкой контактов и их вибрацией при высоких частотах вращения валика

распределителя. Избежать указанные недостатки контактных систем можно применением системы зажигания с бесконтактным управлением.

УОЗ регулируется механическими центробежными и вакуумными автоматами, а также электронными системами. Механические автоматы во время эксплуатации изнашиваются, что приводит к появлению погрешностей при регулировании момента искрообразования. Эффективность процесса сгорания снижается. Кроме того, механические автоматы реализуют сравнительно простые зависимости УОЗ от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя.

Системы с электронным управлением регулируют УОЗ по большому числу параметров, обеспечивая оптимальный УОЗ для различных режимов и условий работы двигателя. Способы реализации электронных систем управления могут быть аналоговыми и цифровыми.

Наиболее совершенными являются цифровые системы зажигания с применением интегральных схем средней и большой степеней интеграции, а также микропроцессорные системы.

На автомобилях высокого класса и некоторых спецмашинах требуется максимально возможное снижение радиопомех. Для этого высоковольтные аппараты и провода системы зажигания экранируются.

В качестве силовых реле, размыкающих и замыкающих цепь первичной обмотки катушки зажигания, используются контактные пары с механическим управлением, транзисторные и тиристорные прерыватели.

#### **6.1.4.**

Основными тенденциями развития автомобильных бензиновых двигателей являются:

- повышение экономичности;
- снижение токсичности отработавших газов;
- увеличение удельной мощности;
- повышение частоты вращения коленчатого вала и степени сжатия;
- уменьшение затрат времени и трудоемкости при техническом обслуживании в эксплуатации.

Все перечисленные тенденции отражаются на конструкции двигателя и его системы зажигания.

Повышение экономичности и снижение токсичности отработавших газов двигателей достигается за счет обеднения состава топливовоздушной смеси, повышения степени сжатия, совершенствования конструкций камер сгорания и впускных трубопроводов, увеличения зазора в свечах, использования близких к детонационным процессам сгорания топливовоздушной смеси.

К системам зажигания современных бензиновых двигателей предъявляются следующие требования:

- вторичное напряжение должно быть достаточным для пробоя искрового промежутка между электродами свечи зажигания и обеспечения бесперебойного искрообразования на всех режимах работы двигателя;

- энергия и длительность искрового разряда должна обеспечивать надежное воспламенение топливовоздушной смеси при пуске и на всех режимах самостоятельной работы двигателя;

- скорость нарастания вторичного напряжения должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить надежное искрообразование при наличии нагара и загрязнений на изоляторе свечи;

регулирование УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки двигателя, температуры окружающей среды и ряда других параметров должно быть автоматическим;

электронные изделия системы зажигания должны сохранять работоспособность при возникновении в системе электрооборудования импульсных перенапряжений;

вторичное напряжение, развиваемое системой зажигания, должно с определенным запасом превышать напряжение пробоя искрового промежутка свечи;

система зажигания должна надежно работать при ее экранировании и применении других помехоподавительных устройств.

При сравнительно низкой стоимости и простоте конструкций аппаратов зажигания классической контактной системе зажигания присущи серьезные недостатки:

малый запас по вторичному напряжению при низких и высоких частотах вращения коленчатого вала у многоцилиндровых двигателей;

недостаточная энергия искрового разряда из-за ограниченной силы тока в первичной цепи катушки зажигания;

изнашивание контактов и кулачка прерывательного механизма вследствие электрической эрозии, что приводит к асинхронизму искрообразования и необходимости систематического технического обслуживания в эксплуатации (зачистка контактов, регулирование зазора между ними);

возможность перегрева катушки зажигания при низких частотах вращения коленчатого вала и выключенном выключателе зажигания после остановки двигателя;

разброс характеристик центробежных и вакуумных автоматов, приводящий к существенным погрешностям регулирования момента зажигания;

невозможность реализации сложных функций управления процессом зажигания с помощью электромеханических аппаратов.

Важнейшее требование к системе зажигания – автоматическое обеспечение заданных характеристик на всех режимах работы двигателя, включая режим пуска холодного двигателя при низких температурах. Реализация сложных законов управления процессами воспламенения и сгорания топливовоздушных смесей в цилиндрах двигателя возможна только при использовании систем зажигания с электронным регулированием УОЗ.

Для увеличения вторичного напряжения необходимо увеличивать силу тока разрыва первичной цепи катушки зажигания, что в электронных системах зажигания обеспечивается применением полупроводниковых силовых ключей. Наибольшее распространение в качестве электронных ключей нашли мощные транзисторы, которые могут коммутировать токи до 10 А при индуктивной нагрузке без искрения и механических повреждений, характерных для прерывательного механизма классических контактных систем зажигания.

Основными параметрами, характеризующими систему зажигания, являются:

коэффициент  $K_z$  запаса по вторичному напряжению;

максимальное вторичное напряжение  $U_{2m}$ ;

скорость роста по времени - вторичного напряжения  $dU_2/dt$ ;

энергия  $W_p$  искрового разряда и длительность его индуктивной составляющей;

длина искрового промежутка между электродами свечи зажигания;

момент зажигания (УОЗ).

#### 6.1.5.

Коэффициент  $K_z$  запаса по вторичному напряжению представляет собой отношение максимального вторичного напряжения  $U_{2m}$ , развиваемого системой зажигания, к напряжению пробоя  $U_p$ . Напряжение пробоя по закону Пашена зависит от давления  $p$  в камере сгорания в момент искрообразования, длины  $l$  искрового промежутка между электродами свечи и абсолютной температуры  $T$  рабочей смеси в зоне искрового промежутка в момент его пробоя:

$$U_p = f(p\delta/T).$$



Кроме того, напряжение пробоя зависит от состава топливовоздушной смеси по коэффициенту избытка воздуха, скорости движения и степени турбулизации рабочей смеси в зоне искрового промежутка свечи, материала, формы и температуры электродов свечи, скорости роста и полярности подаваемого на электроды вторичного напряжения.

После 1,5–2,0 тыс. км пробега автомобиля изменяется форма электродов свечи в результате электроэрозии. Электрическое поле между электродами свечи становится более равномерным, что приводит к увеличению напряжения пробоя на 20–25 %. После 2,0–2,5 тыс. км пробега автомобиля напряжение пробоя возрастает вследствие износа электродов свечи и увеличения длины искрового промежутка.

По данной причине в пределах гарантийного пробега автомобиля напряжение пробоя также может увеличиться на 20–25 %. Следовательно, за время гарантийного пробега, после которого предусматривается регулирование зазора между электродами свечи, напряжение пробоя возрастает на 40–50 %. Поэтому при проектировании системы зажигания коэффициент запаса по вторичному напряжению принимается большим 1,5. В экранированных системах зажигания коэффициент  $K_z$  должен быть еще больше.

Величина напряжения пробоя существенно выше при пуске холодного двигателя по сравнению с рабочими режимами, так как стенки цилиндра, электроды свечи и поступающая в цилиндры топливовоздушная смесь имеют низкую температуру. Топливовоздушная смесь плохо перемешана и содержит неиспарившиеся во впускном тракте капли топлива, которые, попадая между электродами свечи, повышают напряжение пробоя на 15–20 % или полностью исключают искрообразование.

Напряжение пробоя несколько возрастает при разгоне коленчатого вала двигателя после его пуска и в большинстве случаев уменьшается с увеличением частоты вращения коленчатого вала на рабочих режимах двигателя.

На начальную фазу сгорания топливовоздушной смеси влияют энергия и длительность искрового разряда между электродами свечи зажигания. На рабочих режимах к моменту искрообразования топливовоздушная смесь имеет температуру, близкую к температуре самовоспламенения, поэтому для формирования первоначального очага пламени достаточна энергия электрического разряда около 5 мДж.

Однако при пуске двигателя и работе его в режиме холостого хода, на обедненной топливовоздушной смеси, а также при частичном и резком открытиях дроссельной заслонки может потребоваться энергия до 30–100 мДж.

С увеличением длительности индуктивной фазы искрового разряда можно расширить диапазон воспламеняемости смеси в сторону ее обеднения, что способствует повышению экономичности двигателя.

От энергии искры в значительной мере зависят экономичность и устойчивость работы двигателя, а также полнота сгорания топливовоздушной смеси и токсичность отработавших газов.

#### **6.1.7.**

Топливовоздушная смесь в цилиндрах должна воспламеняться в определенный момент в зависимости от режима работы двигателя. В таком случае обеспечиваются наилучшие показатели двигателя по выбранному критерию (мощности, экономичности или токсичности).

Работа двигателя будет наиболее эффективной, если давление в цилиндре достигает максимального значения  $p_z$  (рис. 6.5, кривая 2) через 10–15° угла поворота коленчатого вала на такте расширения после прохождения поршнем ВМТ.

При позднем зажигании топливовоздушной смеси ее догорание будет происходить на такте расширения при быстро увеличивающемся объеме цилиндра и поверхности теплоотдачи. В результате уменьшаются максимальное давление сгорания топливовоздушной смеси (см. рис. 6.5, кривая 3), развиваемая двигателем мощность, происходит перегрев системы выпуска отработавших газов и увеличивается количество токсичных компонентов, выбрасываемых в окружающую среду.

При слишком раннем зажигании большая часть топливовоздушной смеси сгорает на такте сжатия и давление газов в цилиндре может достигнуть максимума до прихода поршня в ВМТ. В таком случае не только уменьшается мощность, но и резко возрастают нагрузки на детали шатунно-поршневой группы, что ускоряет их изнашивание. При раннем зажигании вероятность возникновения детонации больше (см. рис. 6.5, кривая 1).

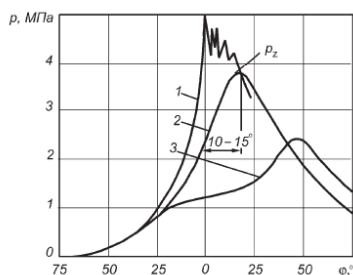


Рис. 6.5. Индикаторные диаграммы двигателя при различных углах опережения зажигания:

1, 2, 3 – соответственно при раннем, нормальном и позднем зажигании;  $p_z$  – максимальное давление сгорания

Оптимальный УОЗ зависит от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Для того чтобы топливовоздушная смесь успела сгореть, с увеличением частоты вращения коленчатого вала УОЗ необходимо увеличивать. С ростом нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала увеличивается степень открытия дроссельной заслонки карбюратора, что способствует лучшему наполнению цилиндров и уменьшению продолжительности процесса сгорания, поэтому УОЗ необходимо уменьшать.

В многоцилиндровых двигателях система зажигания должна обеспечивать подачу высокого напряжения к свечам в строго определенной последовательности в соответствии с порядком работы цилиндров.

Важным требованием к системам зажигания является сохранение стабильности ее параметров и регулировочных характеристик во время эксплуатации автомобиля, так как даже небольшое их изменение снижает мощностные показатели двигателя, ухудшает его экономичность и повышает содержание токсичных веществ в отработавших газах.

## 6.2.

Протекание рабочих процессов в системе зажигания можно разделить на три этапа: накопление энергии в одном из реактивных элементов электрической схемы (в индуктивности или в емкости);

индуктирование импульса высокого напряжения во вторичной цепи катушки зажигания;

пробой искрового промежутка между электродами свечи зажигания и выделение энергии в искровом разряде.

В системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности первый этап начинается после замыкания цепи питания первичной обмотки катушки зажигания. Сила тока в первичной обмотке, имеющей не только активное, но и реактивное сопротивление, нарастает постепенно по экспоненциальному закону (рис. 6.6, а):

$$i_1 = U_{AB} (1 - \exp(-R_1/L_1)) / R_1,$$

где  $U_{AB}$  – напряжение аккумуляторной батареи;  $R_1$  – активное сопротивление первичной цепи;  $L_1$  – индуктивность первичной цепи;  $t$  – текущее значение времени.

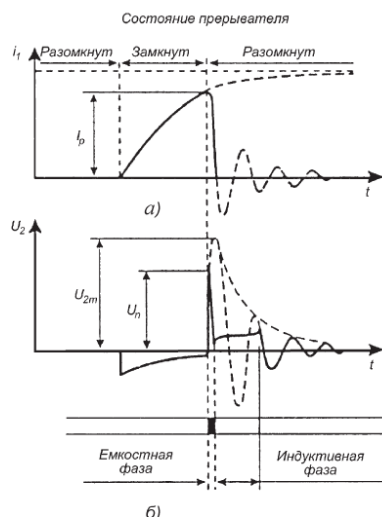


Рис. 6.6. Временные диаграммы:

*а* – силы тока в первичной цепи катушки зажигания; *б* – напряжения вторичной цепи напряжения

Нарастающая сила первичного тока стремится достигнуть максимального значения  $I_{1m} = U_{AB}/R_1$ . Максимальная энергия, которую можно накопить в индуктивном элементе, определяется по формуле

$$W_{Lm} = 0,5 L_1 I_{1m}^2, .$$

В системе зажигания с накоплением энергии в емкости по экспоненциальному закону нарастает напряжение заряда конденсатора. Энергия, которую можно накопить в электрическом поле конденсатора,  $W_C = 0,5 C_1 U_c^2$

,где  $U_c$  – напряжение на выводах конденсатора в момент его подключения к первичной обмотке катушки зажигания;

$C_1$  – емкость конденсатора.

Нарастание тока в первичной обмотке катушки в системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности происходит в течение определенного времени, которое зависит от частоты следования искровых разрядов, а следовательно, от числа цилиндров и частоты вращения коленчатого вала двигателя. К моменту размыкания первичной цепи сила тока возрастает до силы тока разрыва  $I_p$ . Время полного цикла замкнутого и разомкнутого состояния первичной цепи катушки зажигания определяется по формуле

$$T = 120 / (Z_{ц} n),$$

где  $Z_{ц}$  – число цилиндров двигателя.

Время замкнутого состояния первичной цепи  $t_{з.с} = \beta T$  зависит от относительного времени  $\beta$  роста силы тока в первичной цепи (относительного времени замкнутого состояния контактов прерывателя в контактной системе зажигания или относительного времени, в течение которого силовой транзистор электронной системы зажигания находится в состоянии насыщения).

После отключения первичной обмотки катушки зажигания от источника электропитания в первичной цепи образуется колебательный контур, содержащий катушку индуктивности  $L_1$ , конденсатор емкостью  $C_1$  (активное сопротивление), в котором возникают затухающие колебания силы тока  $I_1$  и напряжения  $U_1$  первичной цепи. Емкость  $C_1$  первичной цепи в контактной системе зажигания – емкость конденсатора, подключаемого параллельно контактам прерывателя. Применение конденсатора в контактной системе зажигания обусловлено необходимостью уменьшения скорости роста напряжения первичной цепи в начальный момент размыкания контактов. При малых частотах вращения коленчатого вала и, следовательно, низкой скорости размыкания контактов напряжение  $U_1$  превысит напряжение пробоя воздушного пространства между контактами, в результате чего в межконтактном промежутке возникает электрическая дуга, которая поглощает значительную часть запасаемой в магнитном поле катушки зажигания энергии. Это приводит

к интенсивному электроэрозионному изнашиванию контактов и снижению напряжения вторичной цепи. Выбор емкости  $C1$  связан с поиском компромисса между двумя противоречивыми требованиями. Увеличение емкости  $C1$  способствует устранению дугообразования, но при этом уменьшаются скорость исчезновения магнитного поля и напряжения вторичной цепи. В системах с механическим прерывателем тока в первичной цепи катушки зажигания оптимальной является емкость в пределах 0,22–0,28 мкФ.

В системах зажигания с электронным коммутирующим устройством первичной цепи емкостный элемент обеспечивает переключение мощного транзистора с минимальным рассеянием мощности. Для некоторых типов высокочастотных транзисторов наличие емкостного элемента не обязательно.

Вторичная обмотка вместе с конденсатором емкостью  $C2$  вторичной цепи также образуют колебательный контур, индуктивно связанный с колебательным контуром первичной цепи. При отсутствии пробоя искрового промежутка свечи колебания напряжения  $U2$  вторичной цепи, так же как и напряжение  $U1$  первичной цепи, будут затухающими. Максимальная амплитуда колебаний вторичного напряжения  $U2m$  представляет собой высоковольтный импульс (рис. 6.6, б).

В системе индуктивно связанных контуров энергия, запасенная в магнитном поле катушки зажигания, преобразуется в энергию электрического поля конденсаторов емкостью  $C1$  и  $C2$  и частично выделяется в виде теплоты на активных элементах первичной и вторичной цепей и в магнитопроводе катушки зажигания.

Уравнение баланса энергии имеет вид:

$$L_1 I^2 p / 2 = C_1 U_1^2 m / 2 + C_2 U_2^2 m / 2 + A,$$

где  $U1m$  и  $U2m$  – соответственно максимальные напряжения заряда емкостей первичной и вторичной цепей;  $A$  – тепловые потери.

Поскольку катушка зажигания является трансформатором, максимальное напряжение вторичной цепи может быть найдено по формуле

$$U_{2m} = K_T U_{1m},$$

где  $K_T$  – коэффициент трансформации, представляющий собой отношение числа витков  $w1$  первичной обмотки к числу витков  $w2$  вторичной обмотки катушки зажигания.

Исходя из баланса энергии, максимальное напряжение вторичной цепи определяется по формуле  $U_{2m} = I_p K_T \eta_{\text{м}} L_1 / (C_1 + C_2 K_T^2)$ ,

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий потери энергии на активных элементах и в магнитопроводе катушки, равный 0,7–0,8.

Сила тока  $I_p$  разрыва первичной цепи возрастает с уменьшением ее индуктивности  $L1$ , так как сила тока первичной цепи будет нарастать быстрее и при том же времени подключения первичной обмотки катушки зажигания к источнику электроснабжения достигнет большего значения. При этом должно возрасти напряжение вторичной цепи.

Однако чрезмерное уменьшение индуктивности  $L1$  может привести к уменьшению напряжения вторичной цепи. Следовательно, для различных комбинаций параметров системы зажигания должно существовать оптимальное значение индуктивности  $L1$ . Значения индуктивности  $L1$  в системах с накоплением энергии в магнитном поле находятся в пределах 3–10 мГн.

Увеличить силу тока  $I_p$  разрыва первичной цепи можно за счет уменьшения сопротивления  $R1$ , повышения напряжения на выводах первичной обмотки и большего времени  $t_{\text{з.с}}$  подключения катушки зажигания к источнику. Однако в контактной системе зажигания сила тока разрыва не должна превышать 3,5–5,0 А, в противном случае контакты быстро подгорают и выходят из строя.

С уменьшением емкости  $C1$  вторичное напряжение возрастает, но до определенного предела, когда резко возрастают потери энергии на дугообразование между контактами.

Напряжение вторичной цепи должно уменьшаться с увеличением емкости  $C2$ , которая складывается из емкостей вторичной обмотки катушки зажигания (40–50 пФ), распределителя (15–25 пФ), свечей зажигания (емкость каждой свечи около 60 пФ) и высоко-

вольтных проводов (0,9–1,2 пФ). Уменьшать емкость  $C2$  ниже определенного предела, составляющего 40–70 пФ, невозможно. Емкость  $C2$  зависит от конструктивного исполнения элементов системы зажигания и существенно увеличивается при их экранировании.

Поскольку в системе зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора катушка зажигания не является накопителем энергии, индуктивность ее первичной обмотки можно выбирать в пределах 0,1–10 мГн, т.е. в большем диапазоне, чем для систем с накоплением энергии в магнитном поле.

Следующий этап рабочего процесса системы зажигания начинается, когда напряжение  $U2$  вторичной цепи на первой полувольтне высоковольтного импульса становится равным напряжению пробоя. Напряжение, достаточное для пробоя, должно быть существенно меньше напряжения  $U2m$ . Так как в момент пробоя межэлектродного пространства свечи не вся энергия магнитного поля катушки зажигания преобразуется в энергию электрического поля емкостью  $C1$  и  $C2$ , искровой разряд имеет емкостную и индуктивную составляющие.

Емкостная фаза разряда наблюдается в виде яркой искры голубоватого цвета. В данной фазе сила тока достигает единиц и десятков ампер. Продолжительность емкостной фазы разряда не превышает 1–2 мкс. Емкостный разряд сопровождается специфическим треском.

Индуктивный разряд происходит при значительно меньшем вторичном напряжении (0,7–1,0 кВ). Сила тока в этой фазе искрового разряда составляет 40–100 мА. Индуктивный разряд происходит в течение 1–1,5 мс и имеет желтоватый или красновато-фиолетовый цвет. В контактных системах зажигания во время индуктивной фазы разряда выделяется энергия 15–20 мДж.

Воспламенение топливовоздушной смеси обеспечивается в основном емкостной составляющей разряда. Благодаря большей продолжительности индуктивный разряд способствует большему нагреву начального объема уже воспламенившейся смеси, что очень важно для режима пуска холодного двигателя.

Основными элементами контактной системы зажигания (рис. 6.9) являются аккумуляторная батарея, выключатель зажигания, выключатель добавочного резистора, добавочный резистор, катушка зажигания, прерывательный механизм 1, распределитель 5, конденсатор и свечи зажигания.

При вращении вала распределителя 5, связанного зубчатой передачей с коленчатым валом двигателя, кулачком 4 попеременно замыкаются и размыкаются контакты 2 и 3 прерывателя 1.

Неподвижный контакт 3 прерывателя соединен с массой, подвижный контакт 2 закреплен на конце подвижного рычажка с подушечкой из текстолита. Контакты 2, 3 находятся в замкнутом состоянии под действием пружины, если подушечка рычажка не касается кулачка. Когда подушечка попадает на грань кулачка, рычажок, преодолевая противодействие пружины, поворачивается вокруг оси, закрепленной на подвижной пластине прерывательного механизма, и контакты размыкаются.

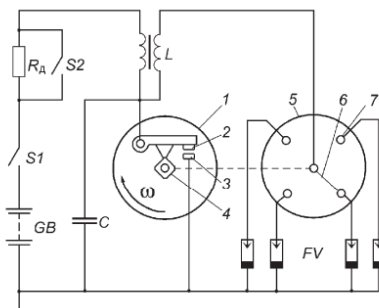


Рис. 6.9. Схема контактной системы зажигания:

1 – прерыватель; 2, 3 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 4 – кулачок; 5 – распределитель; 6 – бегунок; 7 – неподвижный электрод

При включении выключателя зажигания и замкнутых контактах прерывателя по цепи первичной обмотки катушки зажигания протекает ток, сила которого растет, что приводит к созданию магнитного поля.

В момент размыкания контактов ток в первичной обмотке и созданное им магнитное поле исчезают. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ЭДС, тем большая, чем выше скорость исчезновения магнитного поля. В это время токопроводящая пластина ротора распределителя проходит около бокового электрода крышки распределителя, соединенного высоковольтным проводом со свечой зажигания того цилиндра, в котором заканчивается процесс сжатия топливовоздушной смеси.

Высокое вторичное напряжение подаваемого на свечу зажигания инициирует появление между ее электродами искрового разряда.

Кулачок прерывателя и ротор распределителя установлены на одном валу. Частота вращения вала кулачка и ротора распределителя в два раза меньше частоты вращения коленчатого вала четырехтактного двигателя. Это связано с тем, что топливовоздушную смесь в каждом из цилиндров необходимо воспламенять только 1 раз за два оборота коленчатого вала. Число граней кулачка и боковых электродов в крышке распределителя равно числу цилиндров двигателя. Высокое напряжение к свечам зажигания подводится в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Сила тока  $I_p$  разрыва цепи первичной обмотки катушки зажигания и вторичное напряжение  $U_{2\max}$  зависят от времени замкнутого состояния контактов прерывателя. Конструктивно прерывательный механизм контактной системы устроен таким образом, что время  $t_z$  замкнутого состояния контактов непосредственно зависит от угла  $\alpha$  замкнутого состояния контактов (рис. 6.10). Величина угла  $\alpha$  зависит от профиля кулачка, зазора между контактами и не зависит от частоты вращения коленчатого вала, тогда как время замкнутого состояния контактов с увеличением частоты вращения уменьшается.

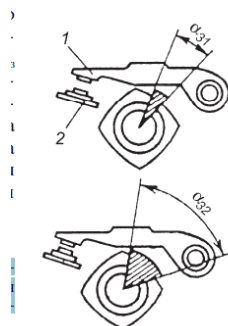


Рис. 6.10. Кулачковый прерывательный механизм:

1 – контакт на подвижном рычажке; 2 – неподвижный контакт;  $\alpha_{z1}$ ,  $\alpha_{z2}$  – углы замкнутого состояния контактов соответственно при большом и малом зазорах между контактами

Поскольку в четырехтактных многоцилиндровых двигателях искрообразование во всех цилиндрах должно произойти за два оборота коленчатого вала, продолжительность  $t_{ц}$  одного цикла работы прерывателя, включающего время  $t_z$  замкнутого и время  $t_p$  разомкнутого состояния контактов, определяется по формуле

$$t_{ц} = 120 / n Z_{ц} .$$

$$t_{п} = 120 / n Z_{п} .$$

Полному циклу работы соответствует угол  $\alpha_{ц}$ . Относительное время замкнутого состояния контактов  $\alpha_z = t_z / t_{ц} = \alpha_z / \alpha_{ц}$ , поэтому справедливо равенство

$$t_z = \alpha_z \alpha_{ц} t_{ц} = \alpha_z \alpha_{ц} 120 / (n Z_{ц}) .$$

$$t_z = \tau_z t_{п} = 120 \alpha_z / (\alpha_{п} n Z_{п}) .$$

Время замкнутого состояния контактов прерывателя, сила тока разрыва первичной цепи и вторичное напряжение уменьшаются не только при увеличении частоты вращения коленчатого вала, но и с увеличением числа цилиндров двигателя (рис. 6.11).

Теоретически при малых частотах вращения коленчатого вала, когда сила тока в первичной цепи к моменту размыкания контактов почти достигает установившегося значения, значение вторичного напряжения должно стабилизироваться на определенном уровне. Однако с уменьшением частоты вращения кулачка прерывателя уменьшается скорость размыкания контактов, что сопровождается усилением искрения между ними.

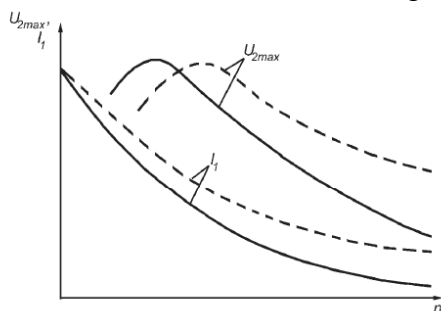


Рис. 6.11. Влияние числа цилиндров двигателя на характеристики контактной системы зажигания:

— — — — — восемь цилиндров; — — — — — четыре цилиндра

Все большая часть энергии, накопленной в магнитном поле катушки, идет на искрообразование в прерывателе.

При этом скорость исчезновения тока в первичной обмотке катушки зажигания и вторичное напряжение уменьшаются.

При размыкании контактов прерывателя в первичной обмотке катушки зажигания индуктируется ЭДС, достигающая 200–400 В и направленная в ту же сторону, что и ток первичной обмотки. ЭДС стремится задержать исчезновение тока и также вызывает образование дуги между контактами и снижает вторичное напряжение.

Дугообразование практически устраняется при подключении параллельно контактам прерывателя конденсатора. Конденсатор совместно с первичной обмоткой катушки зажигания образует колебательный контур. При появлении ЭДС в первичной обмотке конденсатор заряжается, а в последующий период разряжается через катушку и аккумуляторную батарею. Колебательный контур обеспечивает более быстрое снижение силы тока первичной цепи и индуктирование достаточно высокой ЭДС во вторичной обмотке катушки зажигания.

Характеристики контактной системы зажигания улучшаются при включении в цепь первичной обмотки добавочного резистора. На рабочих режимах добавочный резистор снижает тепловые потери в катушке зажигания. При включении электростартера во время пуска двигателя, когда напряжение на выводах аккумуляторной батареи падает из-за большой силы разрядного тока, добавочный резистор замыкается накоротко.

Добавочные резисторы из нихромовой или константановой проволоки, наматываемой на керамический изолятор, могут быть установлены на катушке зажигания и выполнены в виде отдельного элемента.

Сопротивление добавочного резистора из константана МНМц401,5 почти не зависит от температуры (рис. 6.12). Резистор из никелевой проволоки дополнительно защищает первичную цепь катушки зажигания от перегрузок при низких частотах вращения коленчатого вала.

В таком случае он действует как вариатор. При малой частоте вращения коленчатого вала из-за большей продолжительности замкнутого состояния контактов прерывателя растут сила тока в первичной цепи катушки зажигания и температура нагрева добавочного резистора. При увеличении частоты вращения коленчатого вала добавочный резистор ав-



томатически снижает сопротивление первичной цепи и тем самым препятствует значительному снижению силы тока размыкания и вторичного напряжения.

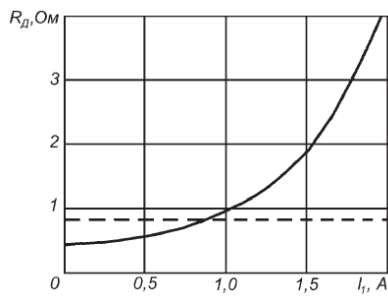


Рис. 6.12. Зависимость сопротивления добавочного резистора  $R_d$  от силы тока первичной цепи  $I_1$  при изготовлении резистора из различных материалов: \_\_\_\_\_ – никеля НП2; ———— – константана МНМц40\_1,5

### 6.3.2.

Для регулирования УОЗ в контактной системе используются автоматические механические регуляторы. Автоматическое изменение УОЗ от частоты вращения коленчатого вала обеспечивает центробежный регулятор, а в зависимости от нагрузки двигателя – вакуумный регулятор.

### 1.7.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

### 1.7.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## 1.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

**Тема: «Проверка технического состояния приборов и аппаратов контактной системы зажигания»**

**1.8.1 Цель работы:** Изучение конструкции системы зажигания, их техническая характеристика, способы проверки технического состояния.

### 1.8.2 Задачи работы:

1. Изучить устройство системы зажигания.
2. Способы обслуживания системы зажигания.
3. Регулировку системы зажигания.

### 1.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - автомобиль с исправной контактной системы зажигания.

### 1.8.4 Описание (ход) работы:

Регулирования угла опережения зажигания.

**Центробежный регулятор.** На приводном валу 4 (рис. 6.13) регулятора закреплена пластина с осями 7, вокруг которых могут поворачиваться грузики 3, связанные между собой пружинами. Привод кулачка 1 прерывательного механизма от вала 4 осуществляется через грузики со штифтами 5, которые входят в прорези поводковой пластины 2, жестко прикрепленной к втулке кулачка.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала и вала 4 распределителя грузики под действием центробежных сил преодолевают сопротивление пружин 6 и расходятся в стороны. Штифты грузиков, передвигаясь в прорезях поводковой пластины, поворачивают ее и кулачок прерывательного механизма в направлении вращения вала распределителя. Контакты прерывателя размыкаются раньше и УОЗ увеличивается.

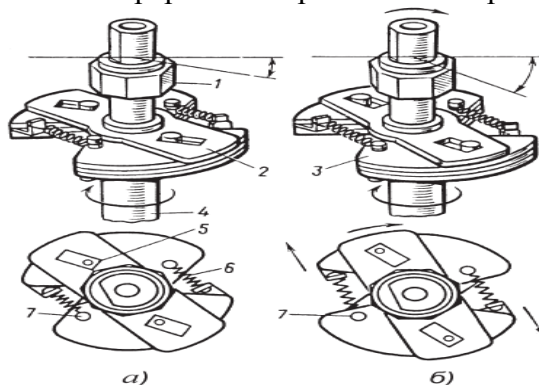


Рис. 6.13. Центробежный регулятор при положении грузиков:

*а* – во время работы двигателя в режиме холостого хода; *б* – при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя; 1 – кулачок; 2 – пластина втулки кулачка; 3 – грузик; 4 – приводной вал; 5 – штифт; 6 – пружина; 7 – ось грузика

При достижении определенной частоты вращения коленчатого вала грузики полностью расходятся и УОЗ, несмотря на дальнейшее увеличение частоты вращения коленчатого вала, остается неизменным. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала грузики под действием пружин возвращаются в исходное положение.

В центробежном регуляторе (рис. 6.14, *а*, *б*) грузики 2, преодолевая сопротивление пружины 1, под действием центробежных сил поворачиваются вокруг своих осей и воздействуют на траверсу 5 кулачка 6. С увеличением частоты вращения приводного вала

увеличивается центробежная сила и угол поворота грузиков и кулачка. Максимальный угол поворота кулачка ограничен упорами. В исходное положение грузики возвращаются под действием пружин, от жесткости которых зависит крутизна характеристики центробежного регулятора (рис. 6.14, в).

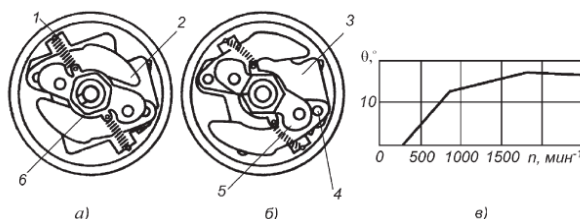


Рис. 6.14. Центробежный регулятор УОЗ и его характеристика:

*a* и *б* – положения грузиков соответственно при малой и большой частотах вращения коленчатого вала двигателя; *в* – характеристика регулятора; 1 – пружина; 2 – грузик; 3 – подвижная пластина; 4 – ось вращения грузика; 5 – траверса; 6 – кулачок

Характеристика регулятора представляет собой зависимость угла - от частоты вращения коленчатого вала.

**Вакуумный регулятор.** Герметичная полость *Б* (рис. 6.15, *a*) вакуумного регулятора отделена от окружающей среды гибкой мембраной 7, которая тягой 9 шарнирно соединена с подвижной пластиной 11 прерывателя. Полость *Б* регулятора через трубку 5 сообщается с за дроссельным пространством карбюратора.

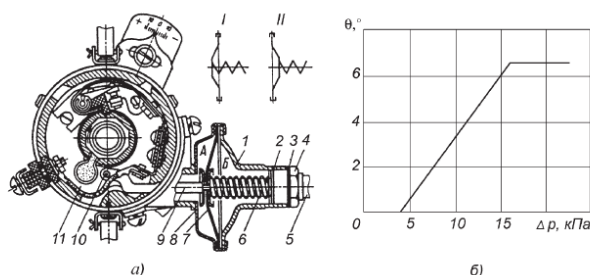


Рис. 6.15. Вакуумный регулятор:

*a* – конструкция; *б* – характеристика; 1 – крышка корпуса; 2 – регулировочная прокладка; 3 – уплотнительная прокладка; 4 – штуцер крепления трубки; 5 – трубка; 6 – пружина; 7 – мембрана; 8 – корпус регулятора; 9 – тяга; 10 – ось тяги; 11 – подвижная пластина прерывателя; *I* и *II* – положение мембраны регулятора соответственно при большей и меньшей нагрузке на двигатель; *A* и *Б* – полости регулятора

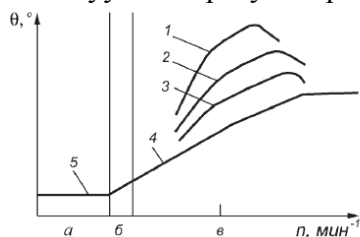
В полости *A* поддерживается давление окружающей среды. При уменьшении нагрузки двигателя дроссельная заслонка прикрывается. Степень вакуума  $p$  в полости *Б* увеличивается. При изменении степени вакуума мембрана 7, преодолевая усилие пружины 6, перемещается и тяга 9 поворачивает подвижную пластину 11 вместе с прерывателем против направления вращения кулачка. УОЗ увеличивается (рис. 6.15, *б*).

В режиме холостого хода двигателя дроссельная заслонка перекрывает отверстие, через которое полость *Б* сообщается с за дроссельным пространством. Степень вакуума в полости *Б* будет небольшой: вакуумный регулятор не работает.

**Октан\_корректор.** При использовании топлива с меньшим октановым числом УОЗ следует уменьшить. В противном случае возможно появление детонации. Для предотвращения детонации служит октан-корректор, позволяющий вручную поворачивать корпус распределителя. Вместе с корпусом поворачивается подвижная пластина прерывательного механизма относительно кулачка и изменяется момент размыкания контактов.

Рассмотренные устройства для регулирования УОЗ независимо друг от друга воздействуют на различные элементы распределителя: центробежный регулятор поворачивает кулачок прерывателя; вакуумный регулятор – подвижную пластину прерывателя, а октан-корректор – корпус распределителя. Действительный УОЗ складывается из угла на-

чальной установки октан-корректором и углов, автоматически устанавливаемых центробежным и вакуумным регуляторами (рис. 6.16).



**Рис. 6.16. Изменение УОЗ при совместной работе регуляторов:**

*а* – область пуска двигателя; *б* – область работы двигателя в режиме холостого хода; *в* – рабочая область; 1, 2, 3 – при 0,25; 0,5 и 0,75 нагрузки на двигатель соответственно; 4 – при полной нагрузке (вакуумный регулятор не работает); 5 – установочный УОЗ

**Катушки зажигания.** В контактных системах зажигания применяются катушки зажигания с разомкнутой магнитной цепью (рис. 6.17), в которых значительную часть пути магнитный поток проходит по воздуху. Первичная обмотка 3 катушки намотана поверх вторичной обмотки 2. В данном случае обеспечиваются лучшие условия охлаждения катушки и уменьшается масса провода вторичной обмотки.

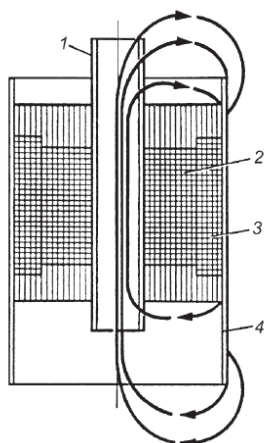
Обмотки имеют автотрансформаторную связь. Так как первичная и вторичная обмотки соединены внутри катушки и имеют общий вывод, число выводов катушки уменьшено. Кроме того, первичная обмотка, включенная последовательно со вторичной обмоткой, участвует в создании высокого вторичного напряжения.

Большинство катушек зажигания – маслонаполненные, так как они более надежны в эксплуатации.

Кроме того, обмотки могут быть залиты компаундом. В основном катушки зажигания контактных систем имеют аналогичную конструкцию, но могут отличаться обмоточными данными, конструкцией отдельных узлов и деталей, габаритными и установочными размерами.

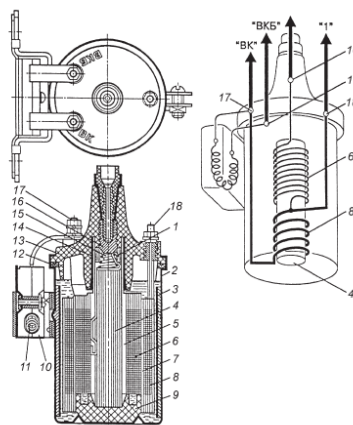
Основными частями типовой катушки зажигания (рис. 6.18) являются сердечник 4, первичная 8 и вторичная 6 обмотки, крышка 13 с выводами 16–19, корпус 2 и наружный магнитопровод 3.

Сердечник 4 катушки набран из изолированных друг от друга окалиной пластин трансформаторной стали. На сердечник надета изолирующая трубка, на которую намотана вторичная обмотка 6. Внутри штампованного из листовой стали корпуса 2 установлен наружный магнитопровод 3 из листовой стали.



**Рис. 6.17. Катушка зажигания с разомкнутой магнитной цепью:**

1 – магнитопровод; 2 – вторичная обмотка; 3 – первичная обмотка; 4 – наружный магнитопровод; — — линия магнитного потока



**Рис. 6.18. Катушка зажигания:**

1 – пластина; 2 – корпус; 3 – магнитопровод; 4 – сердечник; 5 – изолирующая трубка; 6, 8 – вторичная и первичная обмотки; 7 – изоляция между обмотками; 9 – изолятор; 10 – изолятор дополнительного резистора; 11 – добавочный резистор; 12 – резиновое уплотнительное кольцо; 13 – пластмассовая крышка; 14 – изоляционная втулка; 15 – пружина; 16 – вывод; 17 – вывод "ВК"; 18 – вывод "1"; 19 – вывод "ВКБ"

К корпусу крепится добавочный резистор 11, расположенный в изоляторе 10. Благодаря более высоким характеристикам системы электростартерного пуска двигателей автомобилей ВАЗ в их контактных системах зажигания добавочный резистор отсутствует. Фарфоровый изолятор 9 и крышка 13 предотвращают электрический пробой между корпусом и сердечником.

Слои вторичной обмотки изолированы друг от друга конденсаторной бумагой. Первые и последние несколько рядов, где возникают потенциалы наибольшей величины, изолируются четырьмя – шестью слоями бумаги. Один конец вторичной обмотки соединен с выводом 16 высокого напряжения через сердечник и контактную пружину 15. В зависимости от типа катушки число витков может находиться в пределах 180–330 для первичной и 17000–26000 для вторичной обмоток. Для намотки используется провод диаметром 0,72–0,86 мм для первичной и 0,06–0,08 мм для вторичной обмоток. Соответственно коэффициент трансформации катушек контактных систем зажигания лежит в пределах 56–97.

**Распределитель зажигания.** Распределитель зажигания конструктивно объединяет в себе прерыватель, распределитель, конденсатор и устройства для регулирования УОЗ. Обычно вал распределителя приводится во вращение от распределительного вала двигателя или от вала привода масляного насоса через шлицевую шестеренчатую или кулачковую передачи. В некоторых конструкциях распределителей не устанавливается вакуумный регулятор.

На рис. 6.19 приведен четырехискровой распределитель 30.3706. Наиболее ответственный узел распределителя – прерывательный механизм с подвижной пластиной 20, от которого зависит работоспособность всей системы зажигания. Надежность работы прерывательного механизма обеспечивается рациональной конструкцией рычажка и правильно спрофилированной поверхностью кулачка.

Для уменьшения износа металлокерамических втулок 21, в которых вращается вал 1 распределителя, прерывательный механизм и кулачок 19 расположены под центробежным регулятором.

Контакты прерывателя подвержены эрозии и коррозии. Эрозия сопровождается переносом металла с одного контакта на другой. Коррозия приводит к образованию на контактах оксидных пленок. При переносе металла изменяется зазор между контактами, от величины которого зависят угол и время замкнутого состояния контактов. У большинства распределителей контактных систем зажигания зазора составляет 0,35–0,45 мм.

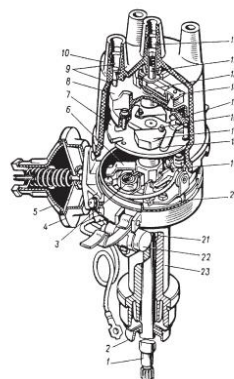


Рис. 6.19. Распределитель 30.3706:

1 – вал; 2 – маслоотражательная муфта; 3 – филоц; 4 – вакуумный регулятор; 5 – мембрана; 6 – тяга вакуумного регулятора; 7 – поводковая пластина кулачка; 8 – ротор; 9 – боковой электрод и вывод крышки; 10 – крышка распределителя; 11 – центральный вывод крышки; 12 – угольный контакт с пружиной; 13 – помехоподавительный резистор; 14 – электрод ротора; 15 – пружина; 16 – ось грузика; 17 – грузик; 18 – поводковая пластина грузиков; 19 – кулачок; 20 – подвижная пластина прерывателя; 21 – втулка; 22 – конденсатор; 23 – корпус

В наименьшей степени электроэрозии подвержены контакты из вольфрама. Они не свариваются и благодаря высокой твердости мало изнашиваются.

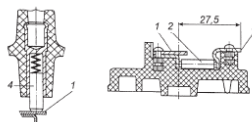


Рис. 6.20. Ротор распределителя:

1 – центральный электрод; 2 – помехоподавительный резистор; 3 – наружный контакт; 4 – угольный электрод. В корпусе 23 распределителя 30.3706 из алюминиевого сплава установлен конденсатор 22. На поводковой пластине кулачка 19 закреплен ротор 8 с помехоподавительным резистором 13 и электродом 14. В центре крышки 10 установлен угольный контакт 12 с пружиной. Крышка закреплена на корпусе распределителя с помощью двух пружинных защелок. Маслоотражательная муфта 2 предотвращает проникновение в распределитель моторного масла.

На роторе (рис. 6.20) распределителя закреплен электрод с центральным 1 и наружным 3 контактами. Ротор закрепляется в определенном положении. В центральный контакт упирается подпружиненный угольный электрод 4, передающий импульсы высокого вторичного напряжения от катушки зажигания к ротору. При вращении ротора импульсы передаются от наружного контакта 3 ротора к боковым электродам в крышке и далее к свечам зажигания.

### 1.8.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

### 1.8.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.



## 1.9 Лабораторная работа №9 ( 2 часа).

**Тема: «Проверка технического состояния приборов и аппаратов контактной системы зажигания»**

**1.9.1 Цель работы:** Изучение конструкции стартерных аккумуляторных батарей, их техническая характеристика, способы проверки аккумуляторных батарей и методы их зарядки.

### 1.9.2 Задачи работы:

1. Изучить устройство системы зажигания.
2. Способы обслуживания системы зажигания.
3. Регулировку системы зажигания.

### 1.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - трактор с пусковым двигателем с системой зажигания от магнето.

### 1.9.4 Описание (ход) работы:

Системы зажигания от магнето.

Магнето объединяет в себе генератор переменного тока низкого напряжения с возбуждением от постоянных магнитов, трансформатор (индукционную катушку), прерыватель и распределитель (для двухцилиндровых двигателей). На тракторных пусковых двигателях применяют одноискровые (М124\_БЗ, М130\_А, 15.3728) и двухискровые (М149\_А) магнето левого (М149\_А) и правого (М124\_БЗ, М130\_А, 15.3728) вращения. У магнето правого вращения ротор вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны привода.

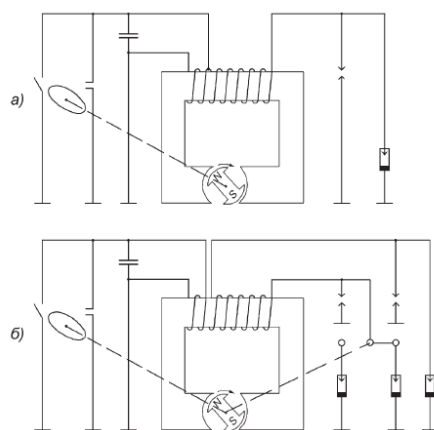


Рис. 6.21. Схема магнето с вращающимся магнитом:  
а – одноискрового; б – двухискрового

Магнето могут отличаться по конструкции и типу магнитной системы. Применяют магнето с вращающимся магнитом и вращающимся коммутатором. На пусковых бензиновых двигателях устанавливают магнето с вращающимися постоянными магнитами.

При вращении постоянного магнита между полюсными наконечниками (рис. 6.21) неподвижного магнитопровода изменяются величина и направление магнитного потока в магнитопроводе. Соответственно в обеих обмотках трансформатора индуцируется ЭДС, которая 2 раза за один оборот двухполюсного магнита достигает максимального значения.



В режиме холостого хода, когда обмотки разомкнуты, максимальные значения ЭДС соответствуют изменению магнитного потока  $\Phi_0$  с наибольшей скоростью (рис. 6.22). В зависимости от конструктивных параметров магнето и частоты вращения ротора ЭДС может достигать значений 50–100 В в первичной и 2000–3000 В во вторичной обмотках.

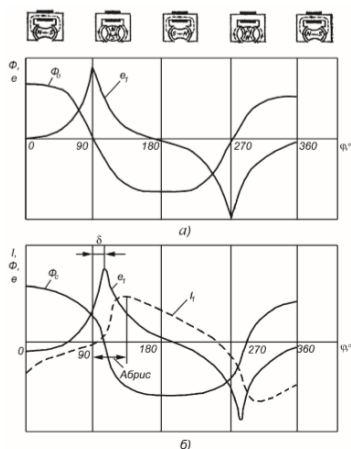


Рис. 6.22. Характеристики магнитного потока, ЭДС и силы тока в первичной цепи магнето: а – в режиме холостого хода; б – при замкнутых контактах прерывателя

Указанного напряжения во вторичной цепи не достаточно для пробоя искрового промежутка. Для увеличения вторичного напряжения, а также с целью обеспечения точного момента зажигания в цепь первичной обмотки трансформатора включен прерыватель. Прерыватель периодически замыкает и размыкает цепь первичной обмотки и в последней ток то возникает, то исчезает. При замкнутой первичной цепи по ней протекает ток короткого замыкания. Сила тока достигает нескольких ампер и создает свое магнитное поле, развиваемое магнитным полем якоря. Магнитное поле якоря взаимодействует с магнитным полем вращающегося постоянного магнита, что вызывает перераспределение результирующего магнитного потока. Под набегающей частью полюса происходит разрежение магнитного потока, а под сбегающей частью полюса – сгущение. В результате изменяются кривые результирующего потока при замкнутой первичной цепи. Соответственно изменяется и кривая ЭДС  $e_1$  в первичной цепи, максимум которой относительно максимума в режиме холостого хода сдвигается на угол  $\alpha$ . Контакты прерывателя замыкаются тогда, когда ЭДС в первичной обмотке близка к нулю. ЭДС в первичной обмотке начинает возрастать, что вызывает рост силы тока  $I_1$  в ней. Для получения максимального значения напряжения вторичной цепи контакты прерывателя желательно размыкать при достижении силы тока в первичной обмотке максимального значения. Резкое уменьшение силы тока первичной обмотки и связанного с ним магнитного потока приводит к появлению во вторичной обмотке ЭДС величиной 10–20 кВ. Высокое напряжение с вторичной обмотки подается на свечу, где энергия, накопленная в магнитном поле первичной обмотки, выделяется в виде тепловой энергии искры. В двухискровом магнето (см. рис. 6.21, б) высокое напряжение к свечам зажигания пускового двигателя подается с помощью распределителя. Кроме того, высокое напряжение с вторичной обмотки трансформатора может подаваться и на свечу зажигания предпускового подогревателя. Первичная обмотка кроме активного сопротивления обладает индуктивностью, поэтому ток в ней отстает по фазе от ЭДС, и максимальная сила тока смещается по отношению к максимальному значению ЭДС на определенный угол. Следует иметь в виду, что кривые ЭДС и силы тока в первичной цепи несинусоидальны. Угол  $\alpha$  м (рис. 6.23), определяющий положение магнето в момент размыкания контактов прерывателя, называют абрисом магнето.

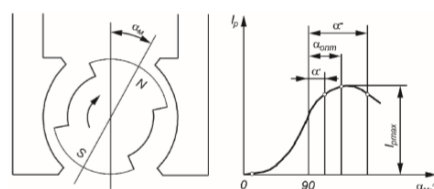


Рис. 6.23. Влияние абриса на силу тока  $I_p$  разрыва первичной цепи

Рис. 6.23. Влияние абриса на силу тока  $I_p$  разрыва первичной цепи

При отклонении абриса от оптимального значения фм опт снижаются сила тока в момент разрыва первичной цепи и вторичное напряжение. При значительном отклонении абриса от оптимального значения развиваемое магнето вторичное напряжение может оказаться недостаточным для пробоя искрового промежутка. Для магнето различных типов величины оптимального абриса различны и обычно определяются опытным путем. При размыкании контактов прерывателя ЭДС индуктируется не только во вторичной, но и в первичной обмотке и вызывает появление электрической дуги между размыкающимися контактами прерывателя. Наличие электрической дуги замедляет скорость исчезновения магнитного потока первичной обмотки и уменьшает вторичное напряжение. С другой стороны, дуга приводит к подгоранию контактов и их преждевременному выходу из строя. Для гашения дуги между контактами прерывателя параллельно контактам подключают конденсатор. ЭДС самоиндукции заряжает конденсатор при размыкании контактов и уменьшает искрение между ними. Первичная цепь трансформатора магнето содержит конденсатор, элемент индуктивности, резистор с активным сопротивлением и является колебательным контуром. При равенстве ЭДС самоиндукции в первичной обмотке и напряжения на обкладках конденсатора заряд конденсатора прекращается и начинается его разряд на первичную обмотку трансформатора, и затем под действием вновь возникшей ЭДС конденсатор заряжается напряжением обратной полярности. Таким образом, в первичной цепи возникает затухающий разрядный процесс конденсатора. С увеличением емкости конденсатора уменьшаются частота колебаний и скорость убывания силы тока в первичной обмотке. При недостаточной емкости конденсатора увеличиваются потери энергии на дугообразование между размыкающимися контактами прерывателя. В обоих случаях уменьшается вторичное напряжение магнето. Следовательно, существует оптимальное значение емкости конденсатора, при котором развиваемое магнето вторичное напряжение будет максимальным. Вторичное напряжение снижается также с увеличением емкости вторичной цепи трансформатора (емкость проводов высокого напряжения и вторичной обмотки). Индуктивность вторичной обмотки вместе с емкостью вторичной цепи образует вторичный колебательный контур, связанный с колебательным контуром первичной цепи. При отсутствии пробоя искрового промежутка вторичное напряжение также совершит несколько затухающих колебаний. В действительности, когда вторичное напряжение достигает величины пробивного напряжения, происходит искровой разряд между электродами свечи, и колебательный процесс обрывается. Искровой разряд имеет емкостную и индуктивную фазы. Емкостная фаза разряда поддерживается за счет энергии, накопленной в электростатическом поле емкостей первичной и вторичной цепей трансформатора магнето. Продолжительность емкостной фазы разряда около  $10^{-6}$  с при силе тока в несколько десятков ампер. Разряд в индуктивной фазе происходит по сильно ионизированному каналу, созданному емкостной фазой разряда. Индуктивная фаза представляет собой тлеющий разряд длительностью в несколько миллисекунд. В этой фазе напряжение снижается приблизительно до 300 В, а сила тока не превышает нескольких десятков миллиампер. Рабочий процесс магнето (см. рис. 6.22) состоит из трех этапов. Первый этап соответствует замыканию прерывателя и нарастанию первичного тока. С увеличением частоты вращения максимальное значение первичного тока возрастает, а максимальное значение силы тока несколько смещается в сторону запаздывания. На втором этапе происходит размыкание прерывателя и индукти-

рование ЭДС во вторичной обмотке трансформатора. Колебательный процесс во вторичной цепи происходит настолько быстро, что можно считать вращающийся ротор магнето неподвижным и пренебречь ЭДС, индуцируемой во вторичной обмотке при вращении ротора. Третий этап – пробой искрового промежутка. Разряд между электродами свечи протекает так же, как в батарейном зажигании. Отличительной особенностью протекания третьего этапа в системе зажигания от магнето является большая длительность индуктивной фазы разряда, которая поддерживается за счет ЭДС, индуцируемой во вторичной обмотке при вращении ротора.

#### 6.4.2.

Конструктивная схема магнето зависит от размеров и формы вращающегося магнита, которые определяются качеством магнитного сплава. Магниты для магнето изготавливают из железо-никель-алюминиевого сплава ЮНД4 с коэрцитивной силой 40 кА/м и остаточной индукцией 0,5 тс. Удельная энергия магнита из этого сплава составляет 3600 Дж/м<sup>3</sup>. Магнето двухцилиндровых двигателей имеют распределитель высокого напряжения. Распределитель магнето двухцилиндрового четырехтактного двигателя состоит из пластмассового бегунка 2 (рис. 6.24), закрепленного на роторе винтом 7, и крышки 1.

К электроду 4 бегунка 2 высокое напряжение от вторичной обмотки подводится соединительным стальным проводником 6 через латунный подпружиненный контакт 5.

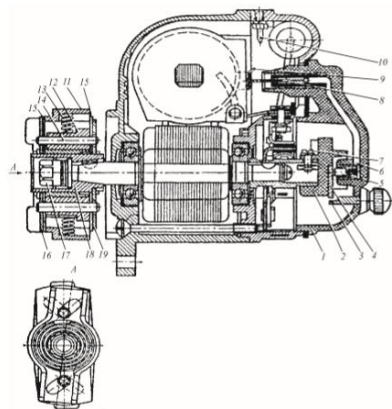


Рис. 6.24. Двух искровое магнето: 1 – крышка; 2 – бегунок; 3, 4 – электроды вывода, бегунка; 5 – контакт; 6 – проводник; 7 – винт; 8 – электрод; 9 – вывод катушки; 10 – электрод дополнительного разрядника; 11 – корпус муфты опережения зажигания; 12 – грузики; 13 – пружины; 14 – штифты; 15 – пластины; 16, 19 – ведущий и ведомый фланцы; 17 – гайка; 18 – втулка

С бегунка ток высокого напряжения поочередно подается к боковым электродам 3, а от них по проводам высокого напряжения к электродам свечей зажигания. Два боковых электрода 3 заканчиваются на наружной стороне выводами высокого напряжения, около которых нанесены цифры "1" и "2". К выводу "1" присоединен провод, идущий от свечи зажигания первого цилиндра, к выводу "2" – от свечи зажигания второго цилиндра. Когда вращается ротор магнето, вместе с ним вращается и бегунок 2. Каждый раз в момент размыкания контактов прерывателя электрод 4 бегунка поочередно подходит к электродам 3 крышки распределителя. Ток высокого напряжения от вывода трансформатора течет через электрод 8 по проводнику 6 и центральному контакту 5 на электрод 4 бегунка, а с него через ведущий зазор 0,5–0,8 мм на боковой электрод 3 и по проводу – в искровую свечу зажигания. Пройдя через зазор свечи, ток по массе возвращается во вторичную обмотку трансформатора. В случае отсоединения провода от свечи зажигания вторичное напряжение магнето может возрасти в 1,5 раза. Чтобы предохранить вторичную обмотку от пробоя, в магнето предусмотрен дополнительный искровой промежуток длиной 10–12 мм между выводом 9 высокого напряжения и специальным электродом 10 (винтом или выступом). Двухискровое магнето за один оборот ротора образует две искры. Магнето имеет муфту опережения зажигания и распределитель. Муфта опережения зажигания ав-

томатически изменяет УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя. В корпусе 11 муфты опережения зажигания размещены грузики 12, прижимаемые пружинами 13 к оси вращения. Концами своих штифтов 14 они входят в радиальные прорезы защитных пластин 15, закрывающих корпус, и в разнонаклонные прорезы ведущего 16 и ведомого 19 фланцев. На валу ротора магнето шпонкой и гайкой закреплена втулка 18 (а на ней – ведомый фланец 19) и свободно надеты защитные пластины 15 и ведущий фланец 16, соединенный с приводом двигателя. Корпус 11, ведомый фланец 19 и защитные пластины 15 от осевого перемещения на втулке удерживаются стопорными кольцами. При повышении частоты вращения ротора магнето грузики под действием центробежной силы, преодолевая сопротивление пружин, расходятся. Концы штифтов грузиков, перемещаясь по прорезам, поворачивают ведомую пластину вместе с втулкой, валом ротора и кулачком в сторону вращения вала ротора. Контакты прерывателя размыкаются раньше и УОЗ увеличивается. С уменьшением частоты вращения ротора грузики под действием пружины сходятся и все детали поворачиваются в противоположную сторону. Контакты прерывателя размыкаются позже и УОЗ уменьшается. В магнето для одноцилиндрового двигателя кулачковая муфта имеет один выступ, а в магнето для двухцилиндрового двигателя два выступа. Для искрообразования используют оба импульса магнитного потока за один оборот ротора. Индукционная катушка магнето должна быть компактной. Обмотки расположены вблизи магнитопровода (массы), поэтому необходимы меры для предупреждения пробоя изоляции. Первичную обмотку располагают непосредственно на сердечнике, что позволяет получить обмотку с минимальным сопротивлением, так как уменьшаются средняя длина витка и полная длина провода катушки. При той же величине индуктируемой в обмотке ЭДС это позволяет к моменту разрыва цепи получить большую силу тока разрыва. Начало первичной обмотки соединяют с массой, а конец ее с выводом, который соединяют с прерывателем. Вторичную обмотку наматывают поверх первичной. На торцы катушки накладывают изоляцию из кабельной бумаги, лакоткани или гетинакса. Поверхность обмотки покрывают изоляционной лентой из лакоткани и киперной лентой с последующей пропиткой катушки с магнитопроводом в вакууме турбинным маслом. Затем ее покрывают лаком. Применяют поверхностную изоляцию из капрона и полиэтилена. Такая изоляция значительно повышает надежность работы магнето, исключая возможность пробоя изоляции. Кулачковая муфта и прерыватель закрепляются в определенном положении относительно полюсов магнето. Это связано с тем, что прерывание первичного тока должно происходить при повороте магнето на угол, соответствующий абрису. Для того чтобы абрис и напряжение магнето не изменялись, регулировать момент зажигания следует смещением валика магнето на некоторый угол относительно приводного валика двигателя. Причем взаимное расположение прерывателя, его кулачка и ротора в магнето не изменяется, а потому абрис остается постоянным. Следовательно, при сборке магнето можно установить оптимальный абрис и напряжение магнето изменяться не будет. Такая регулировка обеспечивается при использовании центробежного регулятора, помещенного в приводной муфте магнето.

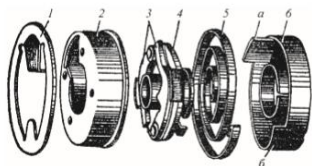


Рис. 6.25. Пусковой ускоритель магнето: 1 – диск с зубцом; 2 – кожух ускорителя; 3 – защелка; 4 – ведомый диск; 5 – пружина; 6 – ведущий барабан; а, б – выступы

Корпус магнето отливается из цинкового сплава, заливаемого в изложницу, в которую предварительно закладывают два магнитопровода, собранных из электротехнической стали, которые являются частями магнитной цепи, направляющими магнитный поток от полюсов магнита в магнитопровод индукционной катушки. Крышка магнето также отливается из цинкового сплава. На рис. 6.25 показано устройство пускового ускорителя, ко-

торый представляет собой муфту, половинки которой соединены стальной пружиной. При пуске двигателя одна из защелок 3 цепляется за зубец диска 1 и останавливает магнит в положении, когда магнитный поток близок к наибольшему. Ведущий барабан 6 продолжает вращаться, и пружина 5 закручивается. Когда заканчивается такт сжатия, один из выступов (а или б) выведет защелку из зацепления с зубцом диска 1. Энергия, запасенная пружиной, сообщит магниту ускорение для создания ЭДС во вторичной обмотке. На свече появляется электрический разряд, топливовоздушная смесь воспламеняется, и двигатель начинает работать. Как только частота вращения магнита будет выше 250 мин

1, центробежная сила отведет защелки и они не будут зацепляться за зубец диска 1. Действие ускорителя автоматически прекратится. Ведомый диск окажется прижатым пружиной к ведущему барабану 6 и ускоритель станет работать как упругая муфта привода. Ускорители правого и левого вращения различаются противоположным расположением защелок и пружин.

На первом этапе внедрения электронных систем зажигания широкое распространение получили электронные системы зажигания с контактным управлением: контактно - транзисторные и контактно - тиристорные. Принцип работы таких систем основан на накоплении энергии в магнитном поле катушки зажигания или в электростатическом поле конденсатора. Наивыгоднейшие условия работы контактов прерывателя при одновременном увеличении силы тока разрыва первичной цепи катушки зажигания в контактно - транзисторных системах зажигания (КТСЗ) создаются благодаря разделению функций синхронизатора момента зажигания и прерывателя. Ток, проходящий через первичную катушку зажигания, прерывается транзисторным коммутатором, тогда как синхронизация зажигания с работой двигателя осуществляется контактами прерывателя. Сила тока управления транзисторным коммутатором, проходящего через контакты прерывателя, намного меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания, поэтому в КТСЗ можно устанавливать оптимальную с точки зрения долговечности контактных пар силу прерываемого тока. В КТСЗ режим работы контактов прерывателя значительно облегчен и поэтому срок службы их больше. Увеличение силы тока разрыва первичной цепи ограничивается только параметрами силового транзистора, а не стойкостью контактов прерывателя. Однако включение в схему КТСЗ транзисторного коммутатора не полностью исключает недостатки, присущие классической контактной системе зажигания, такие как механическое изнашивание кулачка, подушечки рычажка и контактной пары прерывателя, а также невозможность воспроизведения сложных характеристик управления опережением зажигания.

#### 6.5.2.

При замыкании контактов (рис. 6.26) прерывателя база транзистора соединяется с массой и далее с минусовым выводом аккумуляторной батареи. По переходу эмиттер-база транзистора проходит ток  $i_b$  базы. Транзистор открывается и замыкает цепь первичной катушки зажигания. В момент размыкания контактов транзистор переходит в состояние отсечки, разрывая первичную цепь катушки зажигания. Ток  $i_1$  в первичной обмотке резко исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС, вызывающая появление тока  $i_2$  во вторичной цепи при пробое искрового промежутка между электродами свечи зажигания.

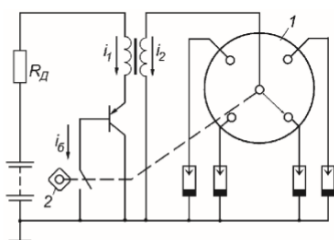


Рис. 6.26. Схема КТСЗ: 1 – распределитель; 2 – кулачок прерывателя



В реальных коммутаторах КТСЗ кроме силового транзистора имеются другие элементы, которые служат для улучшения условий его переключений. В схеме, приведенной на рис. 6.27, транзисторный коммутатор содержит мощный германиевый транзистор VT (ГТ701А) типа р–п–р, стабилитрон VD1, диод VD2, резистор R1, импульсный трансформатор T2 и два конденсатора C1 и C2. Первичная обмотка катушки зажигания включена в цепь эмиттер–коллектор транзистора VT. Управление транзистором осуществляется с помощью контактного прерывателя S2, включенного в цепь базы транзистора. Через замкнутые контакты прерывателя протекает ток, сила которого в  $B + 1$  раз ( $B$  – коэффициент усиления транзистора) меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания.

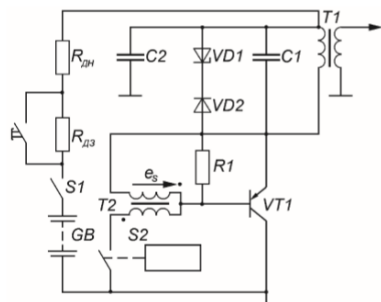


Рис. 6.27. Схема КТСЗ с транзисторным коммутатором ТК102

Когда контакты прерывателя замкнуты, транзистор находится в состоянии насыщения, и увеличение силы тока в первичной обмотке катушки зажигания происходит так же, как в классической контактной системе зажигания. После размыкания контактов прерывателя и перехода транзистора в состояние отсечки накопленная в магнитном поле катушки зажигания энергия преобразуется в импульс высокого вторичного напряжения, подаваемого через распределитель на очередную свечу зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Импульсный трансформатор T2, включенный последовательно с контактным прерывателем, при размыкании контактов обеспечивает отрицательное смещение на переходе эмиттер–база транзистора, ускоряя его переход из состояния насыщения в состояние отсечки. Отрицательное смещение возникает при индуктировании ЭДС взаимной индукции  $e_s$  во вторичной обмотке трансформатора T2. Резистор R1 служит для формирования необходимого запирающего импульса транзистора. Когда транзистор переходит в состояние отсечки, в первичной обмотке катушки зажигания также индуктируется достаточно высокая ЭДС. Для исключения перенапряжения на транзисторе параллельно его эмиттер–коллекторному переходу подключена цепочка стабилизации VD1–VD2. Напряжение стабилизации стабилитрона VD1 около 80 В. Если ЭДС самоиндукции в первичной обмотке катушки зажигания превысит напряжение стабилизации, то ток, вызванный этой ЭДС, замыкается через открытый стабилитрон VD1 и диод VD2. Диод VD2 препятствует прохождению через стабилитрон тока от аккумуляторной батареи. Стабилитрон VD1 обеспечивает также защиту транзистора от высоковольтных импульсов напряжения, которые могут возникнуть на его эмиттер–коллекторном переходе при отключении нагрузки во вторичной цепи, например при техническом обслуживании системы зажигания. Если ЭДС самоиндукции в первичной обмотке катушки зажигания меньше напряжения стабилизации стабилитрона VD1, то ток, создаваемый этой ЭДС, идет на заряд конденсатора C1, подключенного параллельно первичной обмотке. В результате мощность, выделяемая в транзисторе при его переходе в состояние отсечки, и температура его нагрева уменьшаются. В результате предотвращается лавинообразный процесс умножения носителей заряда и пробой транзистора, связанный с его локальным перегревом. Электролитический конденсатор C2 защищает систему зажигания от случайных импульсных перенапряжений в бортовой сети (например, при работе КТСЗ с отключенной аккумуляторной батареей).

#### 1.9.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.9.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.



## **1.10 Лабораторная работа №10 ( 2 часа).**

**Тема: «Проверка технического состояния приборов и аппаратов электронной системы зажигания»**

**1.10.1 Цель работы:** Изучение конструкции электронных систем зажигания, их техническая характеристика, способы проверки и методы их обслуживания.

### **1.10.2 Задачи работы:**

1. Изучить конструкции электронных систем зажигания.
2. Освоить методики ТО электронных систем зажигания.

### **1.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - автомобиль с работоспособной электронной системой зажигания.
  - приборы контроля параметров электронной системы зажигания.

### **1.10.4 Описание (ход) работы:**

#### **Электронные системы зажигания**

На первом этапе внедрения электронных систем зажигания широкое распространение получили электронные системы зажигания с контактным управлением: контактно-транзисторные и контактно-тиристорные. Принцип работы таких систем основан на накоплении энергии в магнитном поле катушки зажигания или в электростатическом поле конденсатора. Наивыгоднейшие условия работы контактов прерывателя при одновременном увеличении силы тока разрыва первичной цепи катушки зажигания в контактно-транзисторных системах зажигания (КТСЗ) создаются благодаря разделению функций синхронизатора момента зажигания и прерывателя. Ток, проходящий через первичную катушку зажигания, прерывается транзисторным коммутатором, тогда как синхронизация зажигания с работой двигателя осуществляется контактами прерывателя. Сила тока управления транзисторным коммутатором, проходящего через контакты прерывателя, намного меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания, поэтому в КТСЗ можно устанавливать оптимальную с точки зрения долговечности контактных пар силу прерываемого тока. В КТСЗ режим работы контактов прерывателя значительно облегчен и поэтому срок службы их больше. Увеличение силы тока разрыва первичной цепи ограничивается только параметрами силового транзистора, а не стойкостью контактов прерывателя. Однако включение в схему КТСЗ транзисторного коммутатора не полностью исключает недостатки, присущие классической контактной системе зажигания, такие как механическое изнашивание кулачка, подушечки рычажка и контактной пары прерывателя, а также невозможность воспроизведения сложных характеристик управления опережением зажигания.

При замыкании контактов (рис. 6.26) прерывателя база транзистора соединяется с массой и далее с минусовым выводом аккумуляторной батареи. По переходу эмиттер–база транзистора проходит ток  $i_b$  базы. Транзистор открывается и замыкает цепь первичной катушки зажигания. В момент размыкания контактов транзистор переходит в состояние отсечки, разрывая первичную цепь катушки зажигания. Ток  $i_1$  в первичной обмотке резко исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС, вызывающая появление тока  $i_2$  во вторичной цепи при пробое искрового промежутка между электродами свечи зажигания.



ность, выделяемая в транзисторе при его переходе в состояние отсечки, и температура его нагрева уменьшаются. В результате предотвращается лавинообразный процесс умножения носителей заряда и пробой транзистора, связанный с его локальным перегревом. Электролитический конденсатор С2 защищает систему зажигания от случайных импульсных перенапряжений в бортовой сети (например, при работе КТСЗ с отключенной аккумуляторной батареей).

Катушка зажигания КТСЗ. В отличие от катушек зажигания контактной системы зажигания в КТСЗ катушка Б114Б имеет трансформаторную связь с повышенным коэффициентом трансформации и меньшую индуктивность первичной обмотки. Уменьшение числа витков первичной обмотки и ее индуктивности необходимо для снижения ЭДС самоиндукции в ней и предотвращения пробоя транзистора. Катушки контактных систем зажигания и КТСЗ не взаимозаменяемы. Добавочный резистор. По условиям нагрева катушки мощность потерь в ней не должна превышать предельно допустимый уровень. Поскольку в КТСЗ сила тока разрыва первичной цепи катушки зажигания повышена по сравнению с классической контактной системой зажигания, то во избежание перегрева первичной обмотки ее сопротивление уменьшено, что потребовало введения в цепь питания катушки добавочного резистора, состоящего из двух резисторов  $R_{дн}$  и  $R_{дз}$  (см. рис. 6.27). Резистор  $R_{дн}$  включен в цепь первичной обмотки постоянно. Резистор  $R_{дз}$  при пуске двигателя так же, как и в контактной системе, замыкается накоротко контактами реле включения или тягового реле стартера, чем обеспечивается компенсация снижения напряжения аккумуляторной батареи, работающей в стартерном режиме разряда. Оба резистора  $R_{дн}$  и  $R_{дз}$  размещены в одном корпусе 1 (рис. 6.28). Каждый резистор выполнен виде спиралей 3 из константановой проволоки, закрепленных на изоляторах 2. Блок резисторов имеет три вывода К, ВК, ВК–Б, к которым пластинами 5 присоединены концы резисторов.

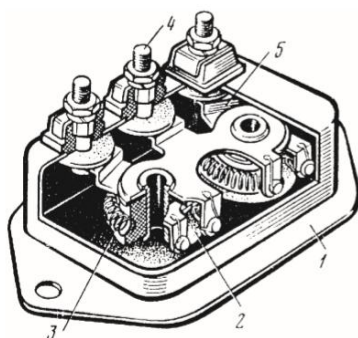


Рис. 6.28. Добавочный резистор СЭ107: 1 – корпус; 2 – фарфоровый изолятор; 3 – спираль резистора; 4 – вывод; 5 – пластина

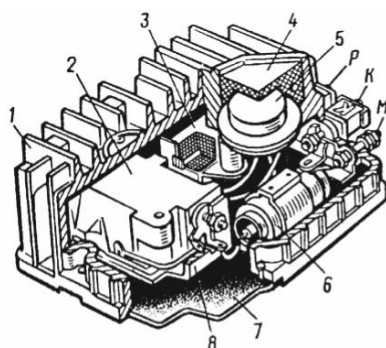


Рис. 6.29. Транзисторный коммутатор ТК102: 1 – алюминиевый корпус; 2 – блок; 3 – импульсный трансформатор; 4 – эпоксидная смола; 5 – транзистор; 6 – конденсатор; 7 – основание; 8 – теплоотвод

Транзисторный коммутатор КТСЗ. Транзисторный коммутатор ТК102 (рис. 6.29) имеет литой алюминиевый корпус 1 с ребристой поверхностью для лучшего теплоотвода.

Внутри корпуса размещены конденсатор 6, импульсный трансформатор 3 и блок 2, залитый полиэфирным компаундом, в котором размещены остальные элементы коммутатора. Теплоотвод 8 предотвращает перегрев стабилитрона. Транзистор 5 находится в углублении корпуса. В первых конструкциях транзистор заливался эпоксидной смолой. Снизу к корпусу 1 коммутатора заклепками прикреплено металлическое основание 7. Выводы Р, К, М и один вывод без обозначения находятся на колодке, установленной на боковой стенке корпуса. Поскольку германиевый транзистор ГТ701А имеет низкую максимальную рабочую температуру ( $75^{\circ}\text{C}$ ), коммутатор устанавливается в кабине водителя. Распределитель КТСЗ. Распределители КТСЗ выполняют те же функции, что и распределители классической контактной системы зажигания и аналогичны по конструкции, однако отличаются отсутствием конденсатора. В роторе 12 (рис. 6.30) распределителя Р137 установлен помехоподавительный резистор 13. Регулирование УОЗ осуществляется центробежным и вакуумным автоматами в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Начальный УОЗ устанавливается с помощью гаек 24 октан -корректора.

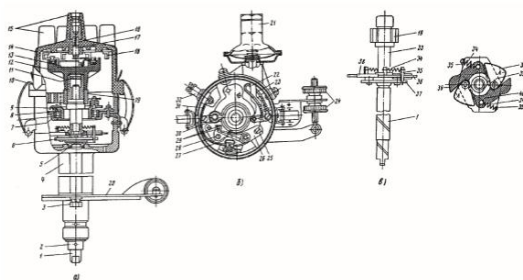


Рис.6.30.РаспределительР137: а–общий вид; б–центробежный регулятор; в–вид сверху; 1–вал; 2–муфта; 3–болт крепления октан -корректора; 4–корпус; 5–бронзовая втулка; 6–центробежный регулятор; 7–подшипник; 8–неподвижный диск; 9–подвижный диск; 10–зашелка; 11,30–филицы; 12–ротор; 13–резистор; 14–крышка; 15–выводы; 16–пружина; 17–контактный диск; 18–электрод крышки; 19–кулачок; 20–октан-корректор; 21–вакуумный регулятор; 22–тяга; 23–проводник, соединяющий подвижный диск с корпусом; 24–гайка; 25–эксцентрик; 26–держатель неподвижного контакта; 27–рычажок; 28–винт; 29– контакты; 31–проводник; 32–вывод; 33–втулка кулачка; 34–пружина; 35–стойка поводковой пластины; 36,37–поводковые пластины кулачка и грузиков; 38–грузик; 39–ось грузика; 40–штифт на поводковой пластине кулачка

Требуемая характеристика центробежного регулятора обеспечивается соответствующей конфигурацией грузиков 38 и жесткостью пружин34.

В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора функцию электронного реле выполняют тиристоры, управляемые контактным прерывателем, поэтому такие системы называют контактно -тиристорными. Известны системы с импульсным и с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле. Система с непрерывным накоплением энергии (рис. 6.31) содержит двухтактный преобразователь напряжения, состоящий из двух транзисторов VT1 и VT2, трансформатора T1, резисторов R2 и R3 и конденсатора C1. Двухполупериодный выпрямитель с нулевой точкой (диоды VD1 и VD2) служит для выпрямления выходного напряжения преобразователя. Выпрямитель нагружен накопительным конденсатором C2, параллельно которому подключен резистор R4. Тиристор VS прерывает ток в первичной обмотке L1 катушки зажигания (трансформатор T2). Управление тиристором осуществляется контактным S2 синхронизатором момента зажигания.

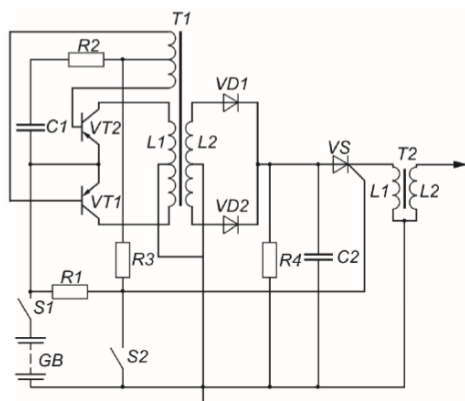


Рис. 6.31. Тиристорная система зажигания с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора.

При замыкании контактов S1 выключателя зажигания срабатывает двухтактный преобразователь напряжения. На выводах вторичной обмотки L2 трансформатора T1 появляется переменное напряжение прямоугольной формы с амплитудой 200–500 В. Выпрямленное постоянное напряжение подается на заряд накопительного конденсатора C2, если контакты S2 синхронизатора момента зажигания замкнуты. Тиристор находится в закрытом состоянии, так как его цепь управления шунтирована замкнутыми контактами S2 синхронизатора. В момент размыкания контактов S2 синхронизатора напряжение от аккумуляторной батареи GB подается через резистор R1 к управляющему электроду тиристора VS. Через открытый тиристор происходит разряд конденсатора C2 на первичную обмотку L1 катушки зажигания T2, вследствие чего в ее вторичной обмотке L2 индуцируется высокая ЭДС. При соответствующем подборе параметров элементов рассмотренной системы зажигания можно на всех режимах работы двигателя обеспечить полный заряд конденсатора и получить практически не зависящее от частоты вращения коленчатого вала двигателя вторичное напряжение. Цепочка C1–R2 обеспечивает надежный пуск транзисторного преобразователя. В системе с импульсным накоплением энергии при замыкании контактов S1 (рис. 6.32) выключателя зажигания и размыкания контактов S2 синхронизатора момента зажигания на базу транзистора VT подается положительный импульс напряжения от аккумуляторной батареи GB. Транзистор переходит в состояние насыщения, пропуская через эмиттер-коллекторный переход и первичную обмотку L1 трансформатора ток, создающий магнитное поле в трансформаторе. В момент замыкания контактов S2 синхронизатора цепь базы транзистора VT замыкается накоротко, транзистор переходит в состояние отсечки, ток в обмотке L1 трансформатора исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС.

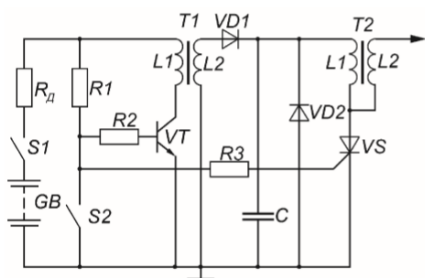


Рис. 6.32. Тиристорная система зажигания с импульсным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора

В это время замкнутые контакты S2 синхронизатора шунтируют цепь управления тиристором. Тиристор закрыт, а конденсатор C через диод VD1 заряжается до напряжения 200–400 В. При следующем замыкании контактов S2 синхронизатора к управляющему электроду тиристора через резисторы Rд, R1, R3 подается напряжение от аккумуляторной батареи. Тиристор открывается. Ток разряда конденсатора проходит через первичную обмотку L1 катушки трансформатора и на выводах вторичной обмотки появляется импульс

высокого напряжения, подаваемого на свечу зажигания. В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора обеспечивается более высокая скорость нарастания вторичного напряжения, что делает ее менее чувствительной к наличию шунтирующих резисторов нагара свечей зажигания. Однако вследствие высокой скорости роста вторичного напряжения возрастает напряжение пробоя по сравнению с системами с накоплением энергии в магнитном поле. Кроме того, из-за сокращения длительности индуктивной составляющей искрового разряда ухудшаются воспламенение и сгорание топливовоздушной смеси при пуске двигателя и работе его на режимах частичных нагрузок.

В бесконтактных транзисторных системах зажигания (БТСЗ) функции синхронизаторов момента зажигания выполняют бесконтактные датчики, как правило, конструктивно объединенные в датчиках -распределителях с устройством распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя. Датчики могут быть параметрическими или генераторными. Параметрические датчики изменяют те или иные параметры в электрической цепи управления (сопротивление, индуктивность, емкость). Генераторные датчики в управляющих цепях являются источниками тока. Работа датчиков основана на использовании различных физических явлений. Широко известны магнитоэлектрические, фотоэлектрические, оптоэлектронные, индуктивные и взаимноиндуктивные датчики, пьезодатчики, датчики на магнисторах, на эффектах Холла и Вигонда и др. Взаимоиндуктивные параметрические датчики вырабатывают сигнал управления при изменении магнитной связи между обмотками или их индуктивности. Датчики на магнисторах изменяют напряжение на выводах обмотки, намотанной на отрезок специально обработанной магнитной проволоки. При перемагничивании данного отрезка проволоки за счет коммутации магнитного потока от неподвижных магнитов или от вращающихся магнитов в обмотке возникают кратковременные импульсы напряжения. В фотодатчиках используются фотоэлементы, преобразующие энергию световых импульсов в электрическую энергию, а также фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы, сопротивление которых изменяется с изменением силы падающего на них света. Для изменения силы света между источником света и фотодатчиком устанавливается непрозрачная цилиндрическая шторка или диск с прорезями. Число прорезей должно быть равно числу цилиндров двигателя. Привод шторки или диска осуществляется от коленчатого вала двигателя. В пьезодатчиках управляющим сигналом является импульс ЭДС, возникающий в некоторых кристаллах при механическом воздействии на них. Наибольшее распространение в БТСЗ на отечественных автомобилях получили магнитоэлектрические датчики и датчики Холла, обеспечивающие высокую точность отслеживания момента искрообразования и обладающие повышенной помехозащищенностью и стойкостью к внешним воздействиям.

Действие магнитоэлектрических датчиков (МЭД) основано на явлении электромагнитной индукции. МЭД представляет собой однофазный генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую. Различают МЭД коммутаторного типа с пульсирующим магнитным потоком и с вращающимися магнитами, знакопеременным магнитным потоком и симметричной формой выходного напряжения  $U_{вых}$ . Схема генераторного датчика коммутаторного типа приведена на рис. 6.33. Принцип его действия основан на изменении магнитного сопротивления магнитной цепи датчика и магнитного потока, пронизывающего обмотку 3, при изменении длины воздушного зазора между зубцами вращающегося ротора-коммутатора 4 и полюсными наконечниками неподвижного статора, в магнитопроводе которого установлен постоянный магнит 2.



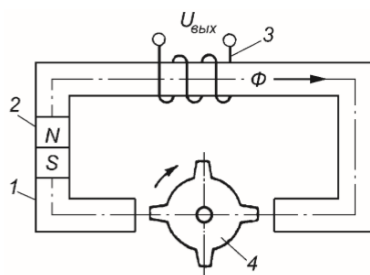


Рис. 6.33. Схема генераторного датчика типа коммутаторного: 1 – магнитопровод статора; 2 – постоянный магнит; 3 – обмотка статора; 4 – коммутатор

сопротивления магнитной цепи датчика и магнитного потока, пронизывающего обмотку 3, при изменении длины воздушного зазора между зубцами вращающегося ротора коммутатора 4 и полюсными наконечниками неподвижного статора, в магнитопроводе которого установлен постоянный магнит 2. При вращении зубчатого ротора из мягкой стали в обмотке статора в соответствии с законом электромагнитной индукции наводится переменная ЭДС. Когда пара зубцов набегает на полюсные наконечники статора, магнитный поток  $\Phi$  растет, а после достижения максимального значения и удаления зубцов ротора от полюсных наконечников статора – уменьшается. Зависимости магнитного потока  $\Phi$  и напряжения на выводах обмотки статора от угла поворота валика датчика-распределителя даны на рис. 6.34. Максимальное значение магнитного потока возможно при совпадении осевых линий зубцов ротора и полюсных наконечников статора. В такой момент выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  меняет знак. Напряжение  $U_{\text{вых}}$  от положительного максимального значения до отрицательного изменяется очень быстро. Резкий переход выходного напряжения датчика через нулевое значение может быть использован для выработки сигнала управления моментом зажигания. Максимальные и минимальные значения напряжения  $U_{\text{вых}}$  соответствуют максимальным скоростям  $(d\Phi/d\alpha)_{\text{max}}$  изменения магнитного потока по углу поворота валика датчика распределителя. МЭД с вращающимися магнитами состоят из неподвижной обмотки 3 (рис. 6.35) статора 1 и постоянного магнита 2, жестко связанного с валиком датчика-распределителя. Число пар полюсов магнита равно числу цилиндров двигателя.

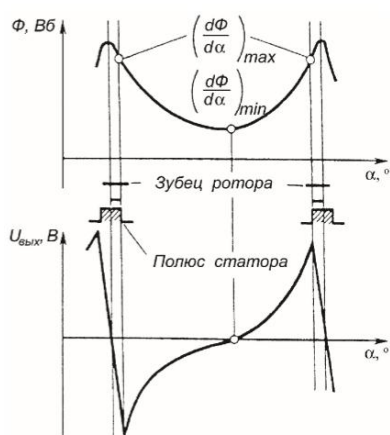


Рис. 6.34. Зависимости магнитного потока и напряжения на выводах обмотки статора от угла  $\alpha$  в поворота валика датчика  $\alpha$  распределителя



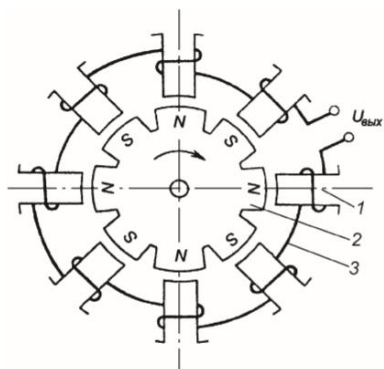


Рис. 6.35. Схема МЭД с вращающимся магнитом для четырехцилиндрового двигателя: 1 – статор; 2 – постоянный магнит; 3 – обмотка статора

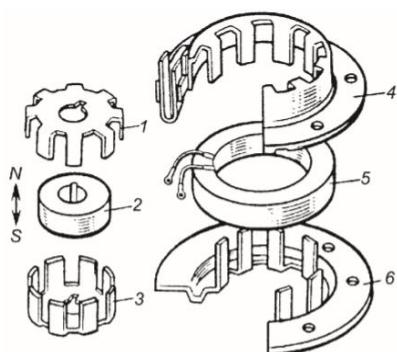


Рис. 6.36. МЭД: 1, 3 – полюсные наконечники; 2 – постоянный магнит; 4, 6 – обоймы магнитной системы статора; 5 – обмотка статора

Конструктивно ротор МЭД, устанавливаемых в датчиках -распределителях БТСЗ, представляет собой кольцевой постоянный магнит 2 (рис. 6.36), размещенный между двумя частями когтеобразной магнитной системы с полюсными наконечниками 1 и 3. Кольцевая обмотка 5 статора расположена между двумя обоймами 4 и 6 магнитной системы статора с когтеобразными наконечниками, число пар которых равно числу пар полюсных наконечников ротора. При вращении ротора в магнитной системе статора изменяется магнитный поток, пронизывающий обмотку статора, и на выходе датчика появляются близкие к синусоидальным импульсы напряжения. Развиваемое датчиком напряжение подается на вход транзисторного коммутатора БТСЗ, который коммутирует ток в первичной цепи катушки зажигания, обеспечивая накопление энергии в ней и возникновение высокого вторичного напряжения в момент искрообразования с соответствующим УОЗ. Недостатками МЭД являются значительная индуктивность обмотки и влияние на амплитуду и скважность вырабатываемого сигнала управления частоты вращения ротора датчика. Изменение напряжения МЭД по углу поворота ротора при различных частотах его вращения показано на рис. 6.37. Если уровень напряжения, при котором управляемый МЭД транзистор коммутатора переходит в состояние насыщения или отсечки, соответствует значению  $U_{откр}$ , то при низкой частоте вращения ротора  $n_1$  искрообразование произойдет позже, чем при более высокой частоте вращения  $n_2$ . Следовательно, изменение частоты вращения коленчатого вала автоматически приводит к смещению УОЗ.

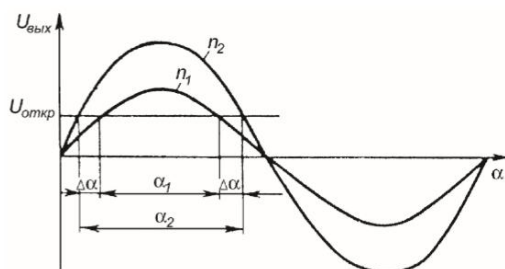


Рис. 6.37. Зависимость выходного напряжения МЭД от угла поворота ротора при различных частотах вращения валика датчика распределителя

Это смещение необходимо компенсировать механическими автоматами опережения зажигания или применять корректирующие элементы в коммутаторе, что усложняет его схему.

#### **1.10.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета (см. п. 4).
4. Результаты расчетов (см. п. 4).
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.10.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## 1.11 Лабораторная работа №11 ( 2 часа).

**Тема: «Проверка технического состояния приборов и аппаратов электронной системы зажигания»**

**1.11.1 Цель работы:** Изучение конструкции электронных систем зажигания, их техническая характеристика, способы проверки и методы их обслуживания.

### 1.11.2 Задачи работы:

1. Изучить конструкции электронных систем зажигания.
2. Освоить методики ТО электронных систем зажигания.

### 1.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - автомобиль с работоспособной электронной системой зажигания.
  - приборы контроля параметров электронной системы зажигания.

### 1.11.4 Описание (ход) работы:

Работа датчика Холла (ДХ) основана на использовании гальвано- магнитного эффекта в элементе Холла (рис. 6.38), который представляет собой тонкую пластину с четырьмя выводами, выполненную из полупроводниковых материалов: германия, кремния, арсенида галлия, арсенида индия. Толщина пластины из полупроводникового кристалла составляет 10 4 м. Схема переключателя на эффекте Холла дана на рис. 6.39. ЭДС Холла очень мала, зависит от силы тока в пластине (от напряжения питания  $U_n$ ) и температуры, поэтому ДХ помимо элемента Холла (ЭХ) включает в себя преобразователь с усилителем (У), пороговый элемент (К), выходной каскад на транзисторе VT и стабилизатор напряжения СТ.

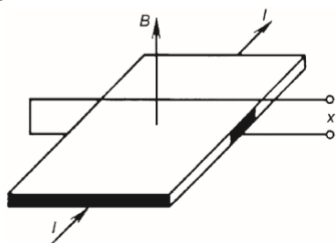


Рис. 6.37. Зависимость выходного напряжения МЭД от угла поворота ротора при различных частотах вращения валика датчика распределителя

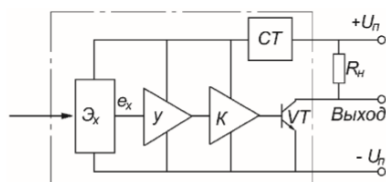


Рис. 6.38. Полупроводниковый элемент Холла

Конструктивно и технологически ДХ выполнен в виде одной микросхемы, называемой магнитоуправляемой интегральной схемой. Магнитное поле в датчике создается постоянным магнитом 5 (рис. 6.40). Магнитная система и магнитоуправляемая интегральная схема 1, объединенные в одном корпусе 6, образуют микропереключатель на эффекте Холла. Коммутация магнитного потока осуществляется ротором 2 в виде шторки с экра-

нами 3 и прорезями, выполненным из магнитомягкой стали. Ротор связан с валиком 4 датчика- распределителя и вместе с ним вращается. Число прорезей равно числу цилиндров двигателя.

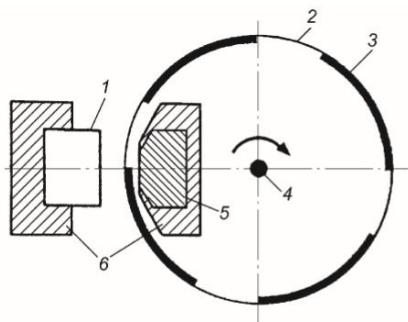


Рис. 6.40. Схема датчика Холла: 1 – магнитоуправляемая интегральная схема; 2 – ротор; 3 – экран; 4 – валик датчика-распределителя; 5 – магнит; 6 – корпус микропереключателя

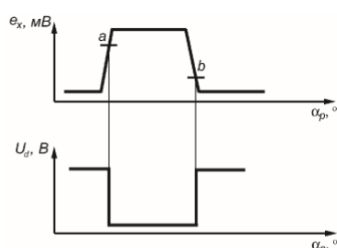


Рис. 6.41. Зависимости ЭДС чувствительного элемента Холла и напряжения  $U_{\text{вых}}$  на выходе датчика Холла от угла  $\alpha_r$  поворота ротора

При прохождении около постоянного магнита прорези ротора силовые линии его магнитного поля пронизывают поверхность элемента Холла, и на его выходе появляется ЭДС  $e_x$ . Зависимости ЭДС чувствительного элемента Холла и напряжения на выходе ДХ от угла поворота ротора даны на рис. 6.41. Когда в зазоре между магнитоуправляемой интегральной схемой и магнитом находится экран ротора, происходит шунтирование магнитного потока, и ЭДС снижается до минимума. При периодическом изменении магнитного потока на выходе ДХ формируется сигнал об угловом положении коленчатого вала двигателя в виде импульсов напряжения  $U_d$  прямоугольной формы. В ДХ обеспечивается гистерезис переключения входного напряжения, так как уровни  $a$  и  $b$  ЭДС Холла, соответствующие включению и выключению порогового элемента не совпадают. Частота вращения ротора почти не влияет на фронт и срез импульса ЭДС, поэтому смещение УОЗ у ДХ значительно меньше, чем у генераторного МЭД. Магнитоуправляемая интегральная схема ДХ, как и все электронные компоненты, чувствительна к воздействию внешних факторов, поэтому она должна удовлетворять требованиям, которые предъявляются к изделиям автомобильной электроники, устанавливаемым в двигательном отсеке. В ДХ 40.3706.800 форма и амплитуда сигнала не зависят от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Время роста и спада выходного сигнала датчика составляют доли микросекунды. Датчик может работать в широком диапазоне напряжения питания от 4,5 до 18 В при силе тока нагрузки 20 мА. Термическая устойчивость датчика должна обеспечивать нормальную работу при температурах окружающей среды от 40 до +125 °С. Смещение УОЗ во всем температурном диапазоне не должно быть большим 0,5–1,5°. В состав датчика 40.3706.800 входят микросхема типа К116КПЗ и магнитная система на ферритобариевом магните.

Упрощенная схема БТСЗ с МЭД и ненормируемым временем накопления энергии приведена на рис. 6.42. Формирующий каскад БТСЗ выполнен по схеме усилителя постоянного тока на транзисторах VT1 и VT2. При замкнутых контактах S1 выключателя зажи-

гания и неподвижном роторе датчика G ток в управляющей цепи база–эмиттер транзистора VT1 отсутствует. Транзистор VT1 находится в состоянии отсечки. Высокое напряжение на коллекторе транзистора VT1 способствует переводу в состояние насыщения транзистора VT2, а затем и выходного коммутирующего транзистора VT3. Через открытый эмиттер-коллекторный переход транзистора VT3 в первичную обмотку L1 катушки зажигания поступает ток, и в ее магнитном поле начинается процесс накопления энергии. При вращении ротора МЭД положительная полуволна генерируемого датчиком напряжения переводит транзистор VT1 в состояние насыщения. Переход база–эмиттер транзистора VT2 шунтируется эмиттер-коллекторным переходом транзистора VT1, поэтому транзисторы VT2 и VT1 лавинообразно закрываются. Сила тока в первичной обмотке L1 катушки зажигания T резко уменьшается, а во вторичной обмотке L2 возникает высоковольтный импульс вторичного напряжения, который распределителем S2 подается к соответствующей свече зажигания. Схема БТСЗ "Искра" (рис. 6.43) восьмицилиндровых двигателей автомобилей ЗИЛ-131 в отличие от схемы, приведенной на рис. 6.42, содержит дополнительные элементы, обеспечивающие более надежную работу коммутатора в сложных условиях эксплуатации.

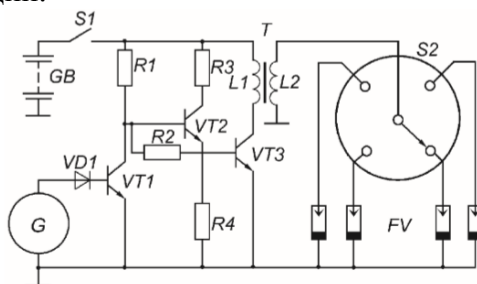


Рис. 6.42. Схема БТСЗ с МЭД и ненормируемым временем накопления энергии

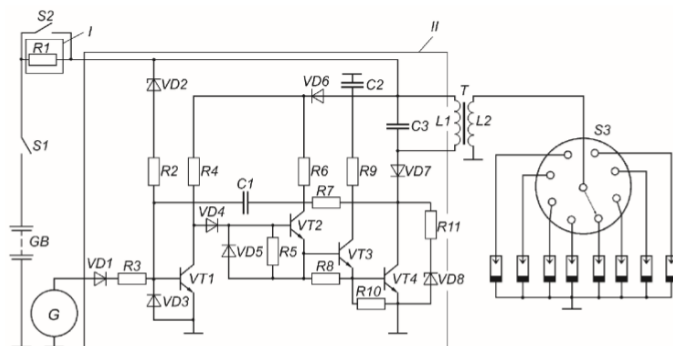


Рис. 6.43. Схема БТСЗ "Искра": I – добавочный резистор; II – транзисторный коммутатор

В состав БТСЗ "Искра" входят катушка зажигания Б118, датчик - распределитель Р351, транзисторный коммутатор ТК200, добавочный резистор СЭ326 и аварийный вибратор РС331. Датчик -распределитель конструктивно объединяет МЭД момента искрообразования, распределитель высокого вторичного напряжения по цилиндрам двигателя и механические регуляторы УОЗ. Добавочный резистор I сопротивлением 0,6

0,8 Ом заблокирован с выключателем S2, расположенным в контактной полости электромагнитного тягового реле стартера. Транзисторный коммутатор II осуществляет коммутацию тока в первичной цепи катушки. Когда ротор МЭД неподвижен, управляющий сигнал от датчика отсутствует. Транзистор VT1 (КТ602Б) находится в состоянии отсечки, его база и эмиттер, соединенные через диод VD3, имеют одинаковый потенциал. Сопротивление эмиттер- коллекторного перехода транзистора VT1 максимально, поэтому потенциал базы транзистора VT2 (КТ602Б) будет больше потенциала эмиттера. Ток, протекающий от положительного вывода аккумуляторной батареи GB через замкнутые контакты S1 выключателя зажигания, добавочный резистор R1, диод VD6, резистор R4, диод VD4, переход база–эмиттер транзистора VT2, резисторы R8, R10 и корпус (массу) автомо-

бия к отрицательному выводу аккумуляторной батареи, переводит транзистор VT2 в состояние насыщения, что, в свою очередь, приводит к последовательному открытию транзисторов VT3 (П-702) и VT4 (КТ808А). Открытый переход эмиттер–коллектор выходного транзистора VT4 коммутатора замыкает цепь первичной обмотки катушки зажигания. При вращении ротора изменяется магнитный поток, пронизывающий обмотку статора МЭД, что вызывает появление на входе коммутатора переменного напряжения, которое через диод VD1 и резистор R3 поступает на базу транзистора VT1. Положительный импульс управляющего сигнала МЭД переводит транзистор VT1 в состояние насыщения, а транзисторы VT2, VT3 и VT4 в состояние отсечки. Отрицательный импульс напряжения МЭД запирает транзистор VT1, открывая транзисторы VT2, VT3 и VT4. Далее процесс повторяется. Диоды VD4, VD5 и резисторы R5, R8 и R10 обеспечивают надежное запираание транзисторов VT2, VT3 и VT4 при переходе транзистора VT1 в состояние насыщения во всем температурном диапазоне работы системы зажигания. Диод VD1 и резистор R3 защищают переход база–эмиттер транзистора VT1 от перенапряжений и перегрузок по току при высоких частотах вращения ротора датчика. Диод VD6 защищает транзисторы VT2, VT3 и VT4 от случайной перемены полярности аккумуляторной батареи в эксплуатации. Диод VD7 обеспечивает защиту транзистора VT4 от инверсных токов во время переходного процесса в катушке зажигания. Стабилитрон VD8 и резистор R11 служат для защиты эмиттер–коллекторного перехода транзистора VT4 от высоких напряжений, индуцируемых в первичной обмотке катушки зажигания при резком уменьшении первичного тока. Независимо от управляющего сигнала МЭД стабилитрон VD2, соединенный последовательно с резистором R2, пробивается, если напряжение в бортовой сети автомобиля превышает допустимое значение 17

18 В. При этом транзистор VT1 открывается и переводит транзисторы VT2, VT3 и VT4 в состояние отсечки на все время действия импульса перенапряжения. Для снижения энергии, рассеиваемой при переходе транзистора VT4 в состояние отсечки, в схему БТСЗ "Искра" введен конденсатор C3, который также несколько увеличивает вторичное напряжение. Конденсатор C2 выполняет функции сглаживающего фильтра при возможных пульсациях напряжения бортовой сети электрооборудования автомобиля.

Положительная обратная связь между коллектором транзистора VT4 и базой транзистора VT1 в виде последовательно соединенных конденсатора C1 и резистора R7 срабатывает при запираании транзистора VT4. В этом случае по цепочке C1–R7 положительная полуволна ЭДС самоиндукции с первичной обмотки катушки зажигания подводится к базе транзистора VT1, ускоряя его отпирание, что способствует обеспечению бесперебойного искрообразования при низких пусковых частотах вращения коленчатого вала двигателя. Катушки зажигания Б118 и Б116 выполнены по трансформаторной схеме и по конструктивному исполнению незначительно отличаются от катушек зажигания контактных и контактно–транзисторных систем зажигания. Катушка зажигания Б118 – экранированная, маслonaполненная, герметизированная с коэффициентом трансформации 1:16. Рассчитана на работу при напряжении бортовой сети автомобиля 12 и 24 В. Нихромовые спирали двух секций добавочного резистора размещены в металлическом корпусе. Выводы, к которым присоединены концы секций, имеют маркировку "+", "С" и "К". Величина сопротивления секции между выводами "+" и "С" составляет 0,71 Ом, а секции между выводами "С" и "К" – 0,52 Ом. Датчик распределитель 24.3706 (рис. 6.44) обеспечивает управление работой транзисторного коммутатора, распределение импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя в соответствии с порядком их работы, автоматическое регулирование момента зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя центробежным 16 и вакуумным 6 регуляторами и установку начального УОЗ октан–корректором. В корпус 3 из алюминиевого сплава запрессована медно–графитовая втулка 19, в которой вращается валик 18 датчика–распределителя. Вместе с валиком вращается ротор 21 МЭД и ротор 11 с электродом 10 устройства для распределения высоковольтных импульсов по цилиндрам двигателя. Привод валика распределителя осуществ-

ляется через закрепленный на нем присоединительный шип 1. Для смазывания медно-графитовой втулки 19 и упорного подшипника 17 предусмотрена масленка 4. Статор 13 датчика с помощью опор 14 установлен на подвижной пластине, жестко закрепленной на внутренней обойме подшипника 15 и шарнирно связанной с тягой вакуумного регулятора. Внешняя обойма подшипника 15 относительно корпуса 3 неподвижна. Обмотка статора имеет один изолированный вывод 5, расположенный на корпусе датчика -распределителя. Второй конец обмотки соединен с корпусом.

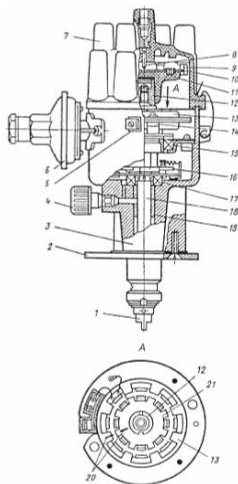


Рис. 6.44. Датчик распределитель 24.3706: 1 – присоединительный шип; 2 – пластина октан -корректора; 3 – корпус; 4 – масленка; 5 – изолированный вывод; 6 – вакуумный регулятор; 7 – крышка распределителя; 8 – центральный электрод (уголек); 9 – электрод крышки распределителя; 10 – электрод ротора распределителя; 11 – ротор распределителя; 12 – втулка; 13 – статор датчика; 14 – опора; 15, 17 – подшипники; 16 – центробежный регулятор; 18 – валик; 19 – медно -графитовая втулка; 20 – риски; 21 – ротор МЭД

Центробежный регулятор 16 изменяет УОЗ, поворачивая ротор МЭД относительно статора, а вакуумный регулятор поворачивает статор относительно ротора. Для установки начального УОЗ на роторе и статоре нанесены риски 20, которые должны совпадать при положении коленчатого вала, соответствующем моменту искрообразования в первом цилиндре двигателя.

В БТСЗ с МЭД и в системах зажигания с контактным управлением моментом зажигания с уменьшением частоты вращения коленчатого вала двигателя увеличиваются время замкнутого состояния первичной цепи катушки зажигания и тепловые потери в ней. При этом энергия, накапливаемая в магнитном поле катушки зажигания, возрастает в меньшей степени. Поэтому для более рационального использования энергии, потребляемой от источника электроснабжения, и снижения тепловой нагрузки на элементы системы зажигания время  $t_n$  накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания необходимо регулировать. Принцип регулирования времени  $t_n$  накопления энергии в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и напряжения бортовой сети электрооборудования реализован в БТСЗ автомобиля ВАЗ-2108, в состав которой входят электронный коммутатор 36.3734, датчик -распределитель и катушка зажигания. В отличие от контактно -транзисторных систем зажигания БТСЗ с МЭД в магнитном поле катушки системы зажигания автомобиля ВАЗ-2108 накапливается в 1,5–2 раза большая энергия, а рассеиваемая мощность уменьшается в 2–3 раза. Это позволило уменьшить габаритные размеры и массу коммутатора и улучшить выходные характеристики системы зажигания. Энергия искрового разряда повышена до 40–50 мДж. При шунтирующем сопротивлении свечи зажигания  $R_{ш} = 1 \text{ МОм}$  и емкости вторичной цепи  $C_{ш} = 50 \text{ мкФ}$  система зажигания развивает вторичное напряжение до 26–30 кВ. В качестве синхронизатора момента зажигания в БТСЗ с регулируемым временем накопления энергии используется датчик Холла, установленный в датчике -распределителе с центробежным и вакуумным регуляторами опережения зажигания обычной конструкции.



#### **1.11.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.11.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## 1.12 Лабораторная работа №12 ( 2 часа).

**Тема: «Проверка технического состояния приборов и аппаратов электронной системы зажигания»**

**1.12.1 Цель работы:** Изучение конструкции электронных систем зажигания, их техническая характеристика, способы проверки и методы их обслуживания.

### 1.12.2 Задачи работы:

1. Изучить конструкции электронных систем зажигания.
2. Освоить методики ТО электронных систем зажигания.

### 1.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - автомобиль с работоспособной электронной системой зажигания.
  - приборы контроля параметров электронной системы зажигания.

### 1.12.4 Описание (ход) работы:

В БТСЗ с МЭД и в системах зажигания с контактным управлением моментом зажигания с уменьшением частоты вращения коленчатого вала двигателя увеличиваются время замкнутого состояния первичной цепи катушки зажигания и тепловые потери в ней. При этом энергия, накапливаемая в магнитном поле катушки зажигания, возрастает в меньшей степени. Поэтому для более рационального использования энергии, потребляемой от источника электроснабжения, и снижения тепловой нагрузки на элементы системы зажигания время  $t_n$  накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания необходимо регулировать. Принцип регулирования времени  $t_n$  накопления энергии в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и напряжения бортовой сети электрооборудования реализован в БТСЗ автомобиля ВАЗ-2108, в состав которой входят электронный коммутатор 36.3734, датчик -распределитель и катушка зажигания. В отличие от контактно -транзисторных систем зажигания БТСЗ с МЭД в магнитном поле катушки системы зажигания автомобиля ВАЗ-2108 накапливается в 1,5–2 раза большая энергия, а рассеиваемая мощность уменьшается в 2–3 раза. Это позволило уменьшить габаритные размеры и массу коммутатора и улучшить выходные характеристики системы зажигания. Энергия искрового разряда повышена до 40–50 мДж. При шунтирующем сопротивлении свечи зажигания  $R_{ш} = 1$  МОм и емкости вторичной цепи  $C_{ш} = 50$  мкФ система зажигания развивает вторичное напряжение до 26–30 кВ. В качестве синхронизатора момента зажигания в БТСЗ с регулируемым временем накопления энергии используется датчик Холла, установленный в датчике -распределителе с центробежным и вакуумным регуляторами опережения зажигания обычной конструкции.

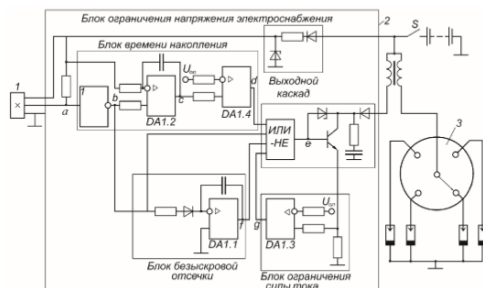


Рис. 6.45. Схема системы зажигания с датчиком Холла и регулируемым временем накопления энергии: 1 – датчик Холла; 2 – электронный коммутатор; 3 – распределитель

Электронный коммутатор 36.3734 содержит несколько блоков различного функционального назначения. На рис. 6.45 дана схема системы зажигания с датчиком Холла и регулируемым временем накопления энергии. Блок времени накопления при различных частотах вращения коленчатого вала и напряжении бортовой сети формирует импульсы тока в первичной цепи катушки зажигания определенной длительности, обеспечивающей минимальное рассеивание мощности при условии накопления в магнитном поле катушки зажигания энергии, достаточной для получения требуемых параметров искрового разряда. Блок ограничения силы тока ограничивает амплитуду импульсов тока в первичной цепи катушки зажигания при низких частотах вращения коленчатого вала двигателя и высоком напряжении бортовой сети электрооборудования автомобиля. Блок безыскровой отсечки прерывает ток в первичной цепи катушки зажигания в том случае, когда контакты выключателя зажигания замкнуты, а коленчатый вал двигателя не вращается. Блок ограничения напряжения электроснабжения стабилизирует напряжение при возможных перенапряжениях в бортовой сети электрооборудования автомобиля.

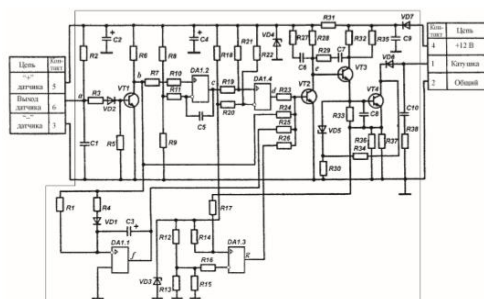


Рис. 6.46. Электрическая схема электронного коммутатора 36.3734

Выходной каскад в соответствии с управляющими импульсами от блоков времени накопления, ограничения силы тока и безыскровой отсечки формирует импульсы тока в первичной цепи катушки зажигания требуемой скважности и амплитуды. Основные функциональные блоки коммутатора реализованы на базе микросхемы K1401УД1, содержащей четыре операционных усилителя DA1.1, DA1.2, DA1.3 и DA1.4 с автономными входами и выходами и общим источником электроснабжения. При замыкании контактов выключателя зажигания в зависимости от положения экрана выходное напряжение датчика Холла (в точке а) может быть минимальным или максимальным. При низком уровне сигнала датчика инвертирующий транзистор VT1 (рис. 6.46) находится в состоянии отсечки. Напряжение на выходе инвертора (в точке б) практически равно напряжению аккумуляторной батареи. Это напряжение через резистор R24 подается на базу транзистора VT2 логического элемента ИЛИ-НЕ. Транзистор VT2 переходит в состояние насыщения, последовательно переключая транзисторы VT3 и VT4 выходного каскада в состояние отсечки. Ток в первичной цепи катушки зажигания отсутствует. При высоком уровне сигнала датчика транзистор VT1 перейдет в состояние насыщения. На выходе инвертора устанавливается логический ноль. На входы логического элемента ИЛИ-НЕ не подается ни одного положительного сигнала. Поэтому транзистор VT2 находится в состоянии отсечки. На выходе логического элемента (в точке в) устанавливается сигнал логической единицы, который переводит транзисторы VT3 и VT4 в состояние насыщения. Однако, при подаче на инверсный вход интегратора DA1.1 сигнала низкого уровня с выхода инвертора, на выходе интегратора появляется медленно возрастающее положительное напряжение, которое через резистор R25 подается на базу транзистора VT2. Когда напряжение на выходе интегратора DA1.1 при не вращающемся коленчатом вале достигает уровня, достаточного для перехода транзистора VT2 в состояние насыщения, транзистор VT4 перейдет в состояние отсечки и разомкнет цепь первичной обмотки катушки зажигания. Напряжение на выходе интегратора DA1.1 возрастает вследствие заряда конденсатора C3, что достигается специальным включением схемы операционного усилителя. Время заряда конденсатора C3 выбирается таким, чтобы при вращении коленчатого вала с минимальной частотой при

пуске двигателя напряжение на выходе интегратора DA1.1 не влияло на работу логического элемента ИЛИ-НЕ. С другой стороны, параметры схемы интегратора подбираются такими, чтобы конденсатор C3 очень быстро разряжался. Прямоугольный сигнал датчика Холла через инвертор поступает также на прямой вход интегратора DA1.2 блока времени накопления. При высоком уровне сигнала инвертора на выходе интегратора DA1.2 (в точке с) формируется пилообразный сигнал, максимальное напряжение которого пропорционально длительности заряда конденсатора C5. Напряжение на выходе интегратора растет практически по линейному закону. Вырабатываемый интегратором сигнал подается на прямой вход компаратора, выполненного на операционном усилителе DA1.4. К инверсному входу компаратора от стабилитрона VD3 через резистор R20 поступает опорное напряжение  $U_{оп}$ . Когда напряжение на выходе интегратора выше уровня опорного напряжения компаратора, на выходе компаратора устанавливается сигнал логической единицы, который через резистор R23 подается на базу транзистора VT2, удерживая его в состоянии насыщения. Состояние насыщения транзистора VT2 и состояние отсечки выходного транзистора VT4 определяются наличием хотя бы на одном из входов логического элемента ИЛИ-НЕ положительного сигнала. После появления сигнала логической единицы на выходе компаратора на входы логического элемента поступают два положительных сигнала: от компаратора (точка d) и инвертора (точка b). При появлении сигнала высокого уровня с датчика Холла (точка a) на выходе инвертора и входе интегратора DA1.2 (точка b) устанавливается логический нуль. Конденсатор C5 начинает разряжаться. Пока выходное напряжение интегратора DA1.2 превышает опорное напряжение компаратора, на один из входов логического элемента ИЛИ-НЕ через резистор R23 продолжает поступать положительный сигнал (точка d). Транзистор VT2 остается в состоянии насыщения, а выходной транзистор VT4 в состоянии отсечки. Переход транзистора VT2 в состояние отсечки, а выходного транзистора VT4 – в состояние насыщения, когда цепь первичной обмотки катушки зажигания замыкается, возможен только при отсутствии положительных сигналов на всех входах логического элемента ИЛИ-НЕ. Такая ситуация возникает после того, как напряжение на выходе интегратора DA1.2 опустится ниже уровня опорного напряжения компаратора. При переключении транзистора VT4 в состояние насыщения начинается процесс накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания, который длится в течение времени  $t_n$  нахождения транзистора VT4 в состоянии насыщения. Процесс накопления энергии заканчивается, когда на выходе инвертора (точка b) появляется сигнал высокого уровня, который отпирает транзистор VT2 и запирает транзисторы VT3 и VT4. Сила тока в первичной цепи катушки резко уменьшается, а во вторичной цепи возникает импульс высокого вторичного напряжения. Момент искрообразования соответствует переходу от высокого уровня сигнала датчика Холла к низкому (срезу сигнала) и одновременному переходу сигнала на выходе инвертора (точка b) от низкого уровня к высокому (фронту сигнала), когда на базу транзистора VT2 логического элемента ИЛИ-НЕ через резистор R24 вновь подается положительное напряжение. Регулирование времени накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания осуществляется следующим образом. С увеличением частоты вращения  $n$  коленчатого вала двигателя амплитуда выходного напряжения интегратора DA1.2 уменьшается, длительность импульса высокого уровня на выходе компаратора DA1.4 (точка d) сокращается, тогда как время накопления энергии  $t_n$  остается практически постоянным. При постоянном опорном уровне напряжения (около 2 В) компаратора с увеличением  $n$  уменьшается скважность импульса тока в первичной обмотке катушки зажигания, т.е. увеличивается длительность периода  $t_n$  относительно длительности периода  $T$  следования искровых разрядов. При предельной частоте вращения  $n_{пред}$  коленчатого вала, когда максимальное напряжение интегратора станет меньше опорного напряжения компаратора, состояние транзисторов VT2, VT3 и VT4 будет зависеть только от управляющих сигналов датчика Холла и инвертора. Время накопления энергии  $t_n$  определяется длительностью промежутка времени между фронтом и срезом сигнала датчика Холла. Это время уже не регулируется и находится в прямой зависи-

мости от угла поворота валика датчика -распределителя. Поскольку скважность сигнала датчика неизменна, то и скважность сигнала, определяющего время накопления энергии  $t_n$ , также не будет изменяться. Поэтому при  $n > n_{пред}$  с увеличением частоты вращения коленчатого вала абсолютное значение  $t_n$  будет уменьшаться. При пусковых и низких рабочих частотах вращения коленчатого вала двигателя амплитуда выходного управляющего сигнала интегратора DA1.2 ограничивается уровнем напряжения источника электропитания коммутатора. Выбором параметров опорного напряжения компаратора и постоянных времени зарядной и разрядной цепей конденсатора C5 устанавливают наиболее благоприятный с точки зрения рассеиваемой мощности закон изменения времени  $t_n$  в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя. При уменьшении напряжения источника электропитания выходной транзистор VT4 раньше замыкает цепь первичной обмотки катушки зажигания, поэтому время накопления энергии по отношению к периоду следования искровых разрядов увеличивается. Временные диаграммы происходящих в коммутаторе процессов при напряжениях в различных точках  $U_1$  и  $U_2$  ( $U_2 > U_1$ ) приведены на рис. 6.47. Регулирование времени накопления энергии в функции напряжения источника электропитания дополнительно обеспечивается за счет включения на входах компаратора DA1.4 (см. рис. 6.46) резисторов R21 и R22. В данном случае опорный уровень напряжения компаратора зависит от напряжения источника электропитания. Чем выше уровень этого напряжения, тем ниже опорный уровень напряжения компаратора DA1.4, продолжительнее разряд конденсатора C5 и меньше время  $t_n$ . Когда при малых частотах вращения коленчатого вала двигателя или повышенном напряжении источника электропитания сила тока в первичной цепи катушки зажигания достигает установленной предельной величины, в работу вступают блок ограничения силы тока, содержащий компаратор, построенный на операционном усилителе DA1.3 (см. рис. 6.46), и резисторы R36 и R37.

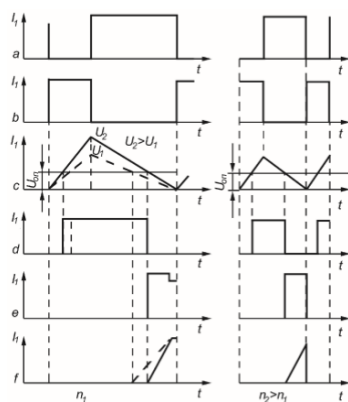


Рис. 6.47. Временные диаграммы тока  $I_1$  в первичной цепи катушки зажигания и напряжения в отдельных точках коммутатора: а – ф – точки см. схему на рис. 6.46

Резисторы включены в цепь первичной обмотки катушки зажигания последовательно с транзистором VT4. Напряжение с параллельно соединенных резисторов R36 и R37 подается на прямой вход компаратора DA1.3, где сравнивается с опорным напряжением на инверсном входе, создаваемым стабилитроном VD3 и делителем напряжения на резисторах R12, R13 и R15. Если сила тока  $I_1$  в первичной цепи катушки зажигания превышает допустимое значение, на выходе g компаратора DA1.3 появляется сигнал, который через резистор R26 поступает на базу транзистора VT2 и переводит его из состояния отсечки в активный режим. Напряжение на коллекторе транзистора VT2 (точка е) понижается, что также вызывает переход выходного транзистора VT4 в активный режим работы, но из состояния насыщения. Частичное запирающее транзистора VT4 приводит к уменьшению силы тока и снижению потенциала на резисторах R36 и R37 до уровня, меньшего опорного напряжения компаратора. В результате периодического изменения состояния компаратора устанавливается динамическое равновесие, при котором транзистор VT4, работая в

активном режиме, фиксирует заданный уровень ограничиваемой силы тока. Уровень ограничения амплитуды тока первичной цепи зажигания устанавливается выбором величины опорного напряжения компаратора DA1.3. Для точного задания уровня опорного напряжения параллельно резистору R13 включен подстроечный резистор R15. Когда двигатель не работает, а зажигание остается включенным, для безыскровой отсечки тока в первичной цепи катушки зажигания используется интегратор DA1.1 с постоянной времени интегрирования, значительно превышающей период следования искровых разрядов в цилиндрах двигателя при самой низкой частоте вращения коленчатого вала. Во время работы двигателя с выхода интегратора (точка f) через резистор R26 на базу транзистора VT2 логического элемента ИЛИ-НЕ подается практически нулевой уровень сигнала, который не оказывает влияние на состояние транзистора VT2. Однако после остановки двигателя через 2–5 с напряжение на выходе интегратора DA1.1 постепенно повышается до уровня, достаточного для перевода транзистора VT2 в состояние насыщения. Соответственно, медленно без искрообразования закроется выходной транзистор VT4 и прервет ток в первичной цепи катушки зажигания. Для защиты транзистора VT4 от импульсов перенапряжения, возникающих в первичной обмотке катушки зажигания, в схеме коммутатора предусмотрены стабилитрон VD5 и делитель напряжения на резисторах R30 и R34. Когда импульс напряжения превышает допустимый уровень, на делителе напряжения R30, R34 формируется напряжение, достаточное для пробоя стабилитрона VD5. При этом на время действия импульса перенапряжения транзистор VT4 открывается, и напряжение на его эмиттер-коллекторном переходе ограничивается. Стабилизация напряжения коммутатора обеспечивается стабилитроном VD4 и резистором R31. Уровни стабилизированных опорных напряжений на инверсных входах компараторов DA1.3 и DA1.4 устанавливаются с помощью стабилитрона VD3. От случайной перемены полярности при неправильном включении аккумуляторной батареи в бортовую сеть электрооборудования автомобиля цепь питания коммутатора защищает диод VD7, а выходной транзистор VT4 – диод VD6. Конденсаторы C2, C4 и C9 защищают схемы коммутатора и датчика Холла от импульсов перенапряжения, возникающих в бортовой сети при аномальных режимах эксплуатации автомобильного электрооборудования. Выходной транзистор VT4, стабилитрон VD4 и диод VD6 установлены на корпусе коммутатора. Остальные радиокомпоненты размещены на печатной плате. Коммутатор 36.3734 можно отнести к группе электронных приборов, выполняемых на дискретных полупроводниковых компонентах и корпусных интегральных схемах. Коммутаторы данной группы имеют большие габаритные размеры и массу. Расширение числа функций коммутатора обеспечено за счет большего числа как активных, так и пассивных элементов электронной техники, что приводит к снижению надежности. Задача повышения надежности электронных изделий решается путем применения новых технологических процессов. В коммутаторе 36.3734 для реализации сложных функций управления применена микросхема К1401УД1, в которой большое число электронных компонентов выполнено по полупроводниковой технологии на одном кристалле кремния. Повышение степени интеграции коммутаторов достигается созданием специализированных микросхем, в которых в рамках единой полупроводниковой технологии объединены такие функциональные компоненты, как усилители, интеграторы, инверторы, компараторы. Специализированная интегральная микросхема выполняется на одном полупроводниковом кристалле и оформляется в виде самостоятельного изделия в пластмассовом или керамическом корпусе, которое решает все основные задачи управления БТСЗ. Однако интегральная микросхема не может полностью заменить электронный коммутатор, так как в рамках единой полупроводниковой технологии пока нет возможности изготавливать функциональные компоненты, отличающиеся по мощности в десятки и сотни раз. На базе специализированной микросхемы L497B с использованием в выходном каскаде транзистора BU931Z создан коммутатор 3620.3734 (рис. 6.48). Микросхема L497B содержит те же функциональные блоки, что и микросхема коммутатора 36.3734, и, кроме того, выполняет дополнительные функции. В схему коммутатора включены конденсаторы

C3, C4, C5 и C6, которые являются внешними компонентами функциональных блоков микросхемы, и стабилизированный источник электроснабжения микросхемы и датчика Холла на резисторе R6, стабилитроне VD1 и транзисторе VT1. Процесс интеграции распространился также на силовую часть коммутатора: выходной транзистор со схемой его защиты и каскадом предварительного усиления выполнены на одном кристалле кремния. Электронный блок коммутатора 3620.3734 состоит из двух сборочных элементов (рис. 6.49): печатной платы 1 с навесными электронными компонентами теплоотвода 2, на котором установлен силовой транзистор 3.

#### **1.12.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.12.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.



### **1.13 Лабораторная работа №13 ( 2 часа).**

**Тема: «Проверка технического состояния карбюраторного двигателя сканером АД-9000»**

**1.13.1 Цель работы:** Изучение методики работы сканера АД-9000 с бензиновыми двигателями.

#### **1.13.2 Задачи работы:**

1. Определение неисправностей системы зажигания.
2. Определение неисправностей электрооборудования автомобиля.

#### **1.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный автомобиль с бензиновым двигателем.
  - сканер АД-9000.

#### **1.13.4 Описание (ход) работы:**

Автосканер АД-9000 авто диагностическое оборудование. Подключив сканер АД-9000 к ПК, можно производить диагностические работы по системам автоматики и управления транспортных средств производства Европы и Азии. Включена поддержка шины CAN. Благодаря сканеру АД-9000 можно провести диагностические работы систем управления двигателем EFI, EDI, иммобилайзера, ABS и других. Работа сканера АД-9000 может обеспечиваться как стационарным ПК, так и ноутбуком. В программное обеспечение уже встроена пользовательская база данных, которая регулярно и автоматически обновляется. Интерфейс программного обеспечения полностью русифицирован.

В блоки управления электронными системами со- временных автомобилей встроена функция самодиагностики, позволяющая выявлять неисправности датчиков, электропроводки и самого блока. Для считывания этой информации автомобили оснащаются диагностическими разъёмами для подключения к ним сканеров. Основная функция сканеров – считывание и рас- шифровка кодов ошибок из памяти неисправностей бло- ков управления двигателем, автоматической трансмиссией, ABS... Но ни одна система самодиагностики не в состоянии на 100% точно определить неисправность. Вследствие этого достоверность полученной информации колеблется в пределах от 30% до 80%. Блоки управления так же оснащаются функциями, позволяющими передавать фактические величины (параметры, измеряемые датчиками и рассчитываемые блоком управления) через сканер для отображения на ПК. Данная функция позволяет диагносту получить дополнительную информацию для выявления истинной неисправности. Так же посредством сканеров выполняется согласование и адаптация различных узлов электронных систем автомобиля, сброс сервисных интервалов и многие другие функции.

Мотортестер – измерительный прибор, позволяющий продиагностировать механику двигателя, измерить сигналы и параметры электронных датчиков и исполнительных механизмов. По сути, является осциллографом, специально адаптированным для диагностики автомобильной электроники, высоковольтных цепей систем зажигания и состояния механики двигателя. Для подключения к высоковольтным цепям систем зажигания мотортестеры оснащаются высоковольтными датчиками различных типов и снабжены специальным режимом отображения осциллограммы высокого напряжения – «парад цилиндров». В этом режиме в реальном времени отображаются параметры импульсов зажигания, такие как пробивное напряжение, время и напряжение горения искры для каждого цилиндра индивидуально. Мотортестеры не привязаны к какой либо автомобильной марке или системе

и это позволяет диагностировать двигатели любых типов и любые электронные системы. Прибор должен быть оснащён универсальными осциллографическими входами, входами для подключения высоковольтных датчиков, должно быть предусмотрено подключение токовых клещей и других специальных датчиков. Программное обеспечение должно позволять записывать осциллограммы сигналов и сохранять их в файл, позволять проводить автоматический анализ и расчет параметров сигналов. Но возможности мотортестеров различных производителей значительно отличаются. Компания ООО НПП «АСЕ» (Ростов-на-Дону) продемонстрировала мотортестер Автоас-Профи 3. Компания «ТрансТех-Сервис» также представила новинку – цифровой осциллограф с функциями мотортестера USB Autoscope II производства фирмы InjectorService, выполненный на современной электронной базе и имеющий небольшие габариты и массу. Прибор позволяет выявить неисправности: ➤ в системах подачи топливовоздушной смеси; ➤ в системах зажигания всех типов; ➤ в других системах электрооборудования автомобиля; ➤ в механических подсистемах автомобиля. Отличиями прибора от других аналогов является: ➤ полноценная работа в реальном времени; ➤ непрерывный (безфреймовый) режим передачи данных; ➤ запись и сохранение сигналов до 39 часов в файл для накопления собственной базы сигналов и обмена файлами через Internet; ➤ возможность создания настроек пользователя, что исключает необходимость повторно настраивать прибор на необходимый режим работы; ➤ автоматический анализ параметров и формы сигнала; ➤ простота использования; ➤ диагностика механического дизельного впрыска при использовании датчика AVL; ➤ быстрое выявление загрязнённых бензиновых форсунок без снятия с двигателя при использовании датчика First Look; ➤ питание прибора от шины USB; USB Autoscope II успешно эксплуатируется во всех странах СНГ, во многих странах Европы и в США. Прочее оборудование Кроме всего перечисленного оборудования в оснащение поста диагностики обязательно должны входить: – стробоскоп; – набор манометров и переходников для измерения давления топлива; – компрессометр или тестер утечек; – манометр для измерения разрежения во впускном коллекторе; – имитаторы выходных электрических сигналов различных датчиков.

Контроллер ЦСЗ (рис. 6.64) предназначен для работы с двухканальным коммутатором, обеспечивающим низковольтное статическое распределение вторичного напряжения по свечам зажигания четырехцилиндрового двигателя с помощью двухвыводных катушек зажигания.

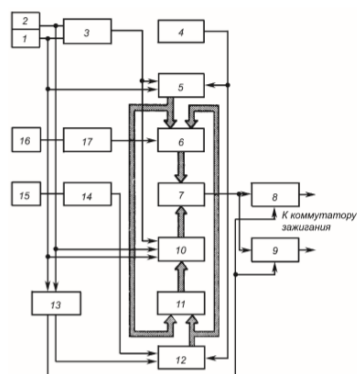


Рис. 6.64. Схема контроллера ЦСЗ

Информацию, необходимую для определения частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя, контроллер получает от ДУИ 2 и ДНУ 1. Диаграммы работы контроллера, развернутые по углу  $\square$  поворота коленчатого вала для двух значений частоты вращения коленчатого вала  $n_1$  и  $n_2$  ( $n_2 > n_1$ ), приведены на рис. 6.65. При такой форме представления рабочего процесса ЦСЗ угловые интервалы в серии импульсов (ДУИ) при изменении частоты вращения коленчатого вала  $n$  остаются неизменными (рис. 6.65, а), а

интервалы между импульсами, по  $\varphi$  ступающими от ГВЧ, при повышении  $n$  увеличиваются (рис. 6.65, в). Поэтому число импульсов ГВЧ, заполняющих фиксированный угловой интервал  $\theta$  (рис. 6.65, г, д) будет меньшим. Положение интервала  $\theta$  по углу поворота коленчатого вала устройство 3 (см. рис. 6.64) формирования угловых интервалов определяет подсчетом числа импульсов ДУИ с момента поступления сигнала ДНО (см. рис. 6.65, б).

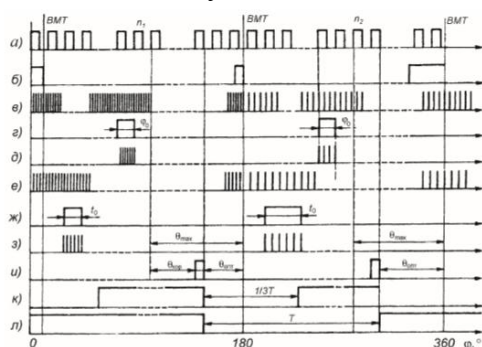


Рис. 6.65. Диаграммы работы контроллера ЦСЗ: а – импульсы ДУИ; б – импульсы ДНО; в – импульсы ГВЧ для измерения скоростного режима двигателя; г – фиксированный угловой интервал  $\theta$ ; д – пакет импульсов ГВЧ за угловой интервал  $\theta$ ; е – импульсы ГВЧ для измерения вакуума во впускном трубопроводе; ж – интервал измерения вакуума; з – пакет импульсов ГВЧ за временной интервал  $t_0$ ; и – импульсы момента искрообразования; к – импульс сигнала СЗ; л – импульс сигнала РК

Число импульсов, записанных в счетчик 5 (см. рис. 6.64) импульсов ГВЧ за угловой интервал  $\theta$ , представляет собой двоичный код скоростного режима двигателя, который при появлении разрешающего сигнала от устройства 3 подается на входы ППЗУ1 6 и ППЗУ2 11. На входы ППЗУ1 от формирователя 17 цифрового сигнала датчика 16 температуры поступает также код числа импульсов, соответствующих тепловому состоянию двигателя (код определяет два состояния двигателя – до и после прогрева). В ППЗУ1 и ППЗУ2 хранится информация о значениях оптимального УОЗ  $\varphi_{\text{опт}}$  для различных сочетаний скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя. Значения угла  $\varphi_{\text{опт}}$ , выраженные в двоичном коде, заносятся в ППЗУ по данным таблиц, представляемых разработчиками или изготовителями двигателя. Цифровой код информации о нагрузке двигателя от датчиков давления (вакуума) 14 и 15 формируется АЦП 12 путем подсчета импульсов ГВЧ в течение временного интервала  $t_0$  (см. рис. 6.65, ж), длительность которого зависит от степени вакуума во впускном трубопроводе. Информация от АЦП 12 (см. рис. 6.64) на входы ППЗУ1 и ППЗУ2 по  $\varphi$  дается в угловом интервале от момента появления промежуточного опорного импульса, формируемого устройством 13 через  $180^\circ$  поворота коленчатого вала после сигнала ДНО, до начала интервала максимального УОЗ  $\varphi_{\text{мах}}$  (см. рис. 6.65, з) устройством формирования угловых интервалов. На выходе ППЗУ1 кодовой комбинации на его адресных входах со  $\varphi$  отвечает двоичный код оптимального угла  $\varphi_{\text{опт}}$  для текущего скоростного режима работы с учетом нагрузки и теплового состояния двигателя. Цифровой комбинации на входах ППЗУ2 на его выходах соответствует требуемая коррекция УОЗ (кор) относительно максимального значения угла  $\varphi_{\text{мах}}$ . Кодовая комбинация угла коррекции кор поступает в счетчик 10 (см. рис. 6.64) и записывается в нем при поступлении разрешающего сигнала от устройства 3 в начале интервала, соответствующего  $\varphi_{\text{мах}}$  (см. рис. 6.65, з). Одновременно счетчик 10 (см. рис. 6.64) начинает подсчет импульсов ДУИ. Число импульсов ДУИ, которое накапливается в счетчике 10, сравнивается с кодовой комбинацией ППЗУ1 в блоке 7 сравнения. На выходе блока 7 вырабатывается импульс управления моментом искрообразования (см. рис. 6.65, и), положение которого по углу поворота коленчатого вала соответствует оптимальному УОЗ. Кроме импульсов момента искрообразования контроллер ЦСЗ формирует также импульсы сигнала зажигания СЗ и разделения каналов РК (рис. 6.65, к, л). Сигнал СЗ, формируемый устройством 8 (см. рис. 6.64), аналогичен сигналу датчика Холла, поэтому к выходу СЗ контроллера ЦСЗ может

быть подсоединен одноканальный коммутатор 36.3734 бесконтактной системы зажигания с регулируемым временем накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания.

#### **1.13.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.13.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

### **1.14 Лабораторная работа №14 ( 2 часа).**

**Тема: «Проверка технического состояния карбюраторного двигателя сканером АД-9000»**

**1.14.1 Цель работы:** Изучение методики работы сканера АД-9000 с бензиновыми двигателями.

#### **1.14.2 Задачи работы:**

1. Определение неисправностей системы зажигания.
2. Определение неисправностей электрооборудования автомобиля.

#### **1.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный автомобиль с бензиновым двигателем.
  - сканер АД-9000.

#### **1.14.4 Описание (ход) работы:**

Автосканер AD-9000 авто диагностическое оборудование для автосервиса. Подключив сканер AD-9000 к ПК, можно производить диагностические работы по системам автоматизации и управления транспортных средств производства Европы и Азии. Включена поддержка шины CAN. Благодаря сканеру AD-9000 можно провести диагностические работы систем управления двигателем EFI, EDI, иммобилайзера, ABS и других. Работа сканера AD-9000 может обеспечиваться как стационарным ПК, так и ноутбуком. В программное обеспечение уже встроена пользовательская база данных, которая регулярно и автоматически обновляется. Интерфейс программного обеспечения полностью русифицирован.

В блоки управления электронными системами со- временных автомобилей встроена функция самодиагностики, позволяющая выявлять неисправности датчиков, электропроводки и самого блока. Для считывания этой информации автомобили оснащаются диагностическими разъёмами для подключения к ним сканеров. Основная функция сканеров – считывание и расшифровка кодов ошибок из памяти неисправностей блоков управления двигателем, автоматической трансмиссией, ABS... Но ни одна система самодиагностики не в состоянии на 100% точно определить неисправность. Вследствие этого достоверность полученной информации колеблется в пределах от 30% до 80%. Блоки управления так же оснащаются функциями, позволяющими передавать фактические величины (параметры, измеряемые датчиками и рассчитываемые блоком управления) через сканер для отображения на ПК. Данная функция позволяет диагносту получить дополнительную информацию для выявления истинной неисправности. Так же посредством сканеров выполняется согласование и адаптация различных узлов электронных систем автомобиля, сброс сервисных интервалов и многие другие функции. Компания «ТрансТехСервис» наиболее полно представила на своих стендах сканеры различных производителей: Brain Bee AD-9000 – сканер, диагностика автомобилей производства Европы и Азии, стационарный; Brain Bee ST-6 000 – сканер, диагностика автомобилей (Европа/Азия), портативный; Gutmann MEGA MAX 55 – сканер-осциллограф (Европа/Азия,); Gutmann MEGA MAX 44 – сканер (Европа/Азия,); Gutmann MEGA MAX 40 – сканер протокола OBDII;

Микропроцессорные системы зажигания (МПСЗ) обладают высокой гибкостью управления и возможностью реализации комплексных функций и характеристик. Принципиальное отличие МПСЗ от рассмотренных ранее ЦСЗ состоит в том, что управление процессом обработки информации в них не обусловлено жесткими связями функциональ-

ных узлов, определенными электрической схемой и зафиксированными топологическим рисунком печатной платы. В МПСЗ используется принцип программируемой логики, который предполагает управление моментом искрообразования по определенной программе, занесенной в универсальное управляющее устройство. В зависимости от введенной программы управляющее устройство способно обеспечивать требуемые характеристики не только системы зажигания, но и электронных систем топливоподачи. Для построения цифрового управляющего устройства требуется небольшое количество больших интегральных схем (БИС), которые образуют микропроцессорный комплект. Основной частью МПСЗ является микропроцессор, содержащий арифметикологическое устройство (АЛУ), которое производит арифметические операции сложения, вычитания, умножения, а также реализует функции умножения (логические элементы "И"), сложения (логический элемент "ИЛИ"), отрицания или инверсии (логический элемент "НЕ") и др. Программы управления процессами вычислений, характеристики управления искрообразованием и топливоподачей и другие данные, которые в данном типе управляющего устройства не изменяются в течение всего времени его эксплуатации на двигателе, заносятся в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) методами необратимого программирования (маскирование, вжигание). Информация от датчиков параметров рабочего процесса двигателя, которая изменяется при изменении режима работы двигателя и обновляется в каждом цикле вычислений после появления опорного сигнала ДНО, поступает в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Эта информация хранится в ОЗУ до тех пор, пока она не будет востребована по сигналу, устанавливаемому программой, заложенной в ПЗУ. Используя информацию от датчиков и занесенные в ПЗУ данные таблиц УОЗ, микропроцессор вычисляет оптимальный УОЗ для каждого цикла работы двигателя и формирует соответствующий данному углу сигнал на выходе контроллера для электронного коммутатора. Значения УОЗ в таблицах ПЗУ оптимизированы по какому-либо показателю качества рабочего процесса двигателя (максимальные мощность и экономичность, минимальная токсичность и др.). Сочетание в МПСЗ программных и аппаратных средств регулирования момента зажигания позволяет вычислять оптимальный УОЗ в течение 8–12 мкс. Преимущества МПСЗ обусловлены возможностью наращивания функций для обеспечения работы от большого числа датчиков, например в случае ввода в ПЗУ программы управления УОЗ по степени детонации, а также для самодиагностирования. Для изменения алгоритма управления МПСЗ нет необходимости изменять структуру всей системы. Достаточно разработать новую программу управления УОЗ микропроцессором и записать ее в ПЗУ контроллера. В микропроцессорную систему управления моментом зажигания (рис. 6.69) входят следующие приборы: контроллер 7 "Электроника МС2713" со встроенным датчиком давления (вакуума); электронный двухканальный коммутатор 8; ДНО 4; ДУИ 5; датчик 6 температуры охлаждающей жидкости; двухвыводные катушки зажигания 11 и 12; датчик 2 положения дроссельной заслонки (концевой выключатель).

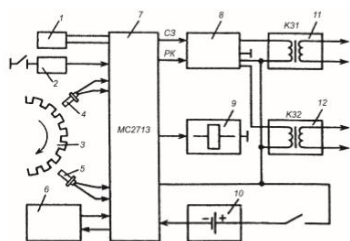
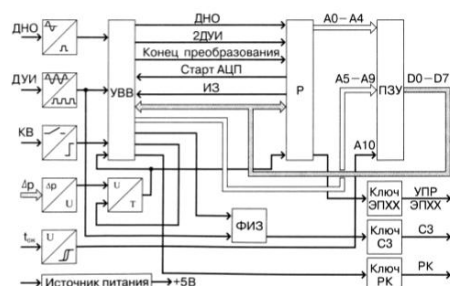


Рис. 6.69. Схема МПСУД автомобильного двигателя: 1 – впускной трубопровод двигателя; 2 – датчик положения дроссельной заслонки; 3 – маховик двигателя; 4 – ДНО; 5 – ДУИ; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – контроллер "Электроника МС2713"; 8 – электронный коммутатор; 9 – электромагнитный клапан ЭПХХ; 10 – аккумуляторная батарея; 11, 12 – катушки зажигания К31 и К32

Для реализации оптимального закона управления УОЗ на входы контроллера поступают данные о скоростном, нагрузочном режимах и тепловом состоянии двигателя. Ин-

формация о скоростном режиме двигателя снимается с индуктивных датчиков ДНО и ДУИ. ДНО синхронизирует работу контроллера с работой двигателя, формируя в определенной фазе работы двигателя одиночный опорный импульс. ДУИ со схемой преобразования сигналов вырабатывает импульсную последовательность, которая используется микропроцессором для вычисления частоты вращения и угла поворота коленчатого вала. По информации полупроводникового датчика 6 температуры охлаждающей жидкости двигателя контроллер корректирует характеристики управления УОЗ. По сигналам от концевого выключателя о положении дроссельной заслонки контроллер управляет электромагнитным клапаном 9 ЭПХХ, включая и выключая его в зависимости от режима работы двигателя. По опорному импульсу ДНО контроллер 7 подает на коммутатор 8 сигнал разделения каналов РК, обеспечивая с помощью катушек КЗ1 и КЗ2 искрообразование в свечах зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Контроллер. Функциональными блоками контроллера "Электроника МС2713" (рис. 6.70) являются: преобразователи квазисинусоидальных сигналов НО и УИ индуктивных датчиков ДНО и ДУИ в прямоугольные импульсы с логическими уровнями интегральных МОП-структур; преобразователь сигнала полупроводникового датчика температуры порогового типа, вырабатывающий сигналы логического нуля или логической единицы в зависимости от уровня температуры охлаждающей жидкости двигателя (ниже или выше  $65^{\circ}\text{C}$ ); полупроводниковый датчик давления (вакуума) для определения нагрузки двигателя по степени вакуума в задрессельном пространстве карбюратора, имеющий на своем выходе напряжение  $U$ , пропорциональное степени вакуума; преобразователь "напряжение – время"  $U/T$ ; формирователь сигнала конечного выключателя КВ (датчика положения дроссельной заслонки), вырабатывающий сигнал управления электромагнитным клапаном ЭПХХ в соответствии с состоянием контактов датчика; устройство ввода-вывода УВВ; процессор Р (КМ1823ВУ1); восьмиразрядное ПЗУ для хранения закодированных характеристик управления УОЗ и электромагнитным клапаном ЭПХХ и служебных констант, необходимых для функционирования процессора и УВВ; формирователь импульса зажигания ФИЗ (КМ1223АГ1); выходные ключи сигналов СЗ и РК для согласования выходов контроллера с выходами коммутатора и защиты выходов микросхем от импульсных перенапряжений и помех; мощный выходной ключ управления ЭПХХ, переключающий электромагнитный клапан с активным сопротивлением обмотки  $33,0 \pm 3,3 \text{ Ом}$  и имеющий защиту от перегрузки по току; источник электроснабжения, стабилизирующий напряжение питания всех блоков контроллера на уровне  $(5,0 \pm 0,25) \text{ В}$ .





тегирования. Начало измерения степени вакуума и вычисления УОЗ синхронизировано с импульсом НО с целью исключения влияния на результаты вычислений пульсаций давления во впускном трубопроводе и не $\square$  равномерности вращения коленчатого вала, вызываемых периодической сменой тактов работы двигателя. Пять старших разрядов восьмиразрядного кода частоты вращения коленчатого вала используются для формирования части разрядов А0–А4 десятиразрядного адреса ПЗУ. По импульсу НО процессор формирует управляющий сигнал "Старт АЦП", по которому УВВ пускает преобразователь "напряжение $\square$  время". С такого момента начинается процесс преобразования напряжения на выходе датчика вакуума в цифровой код. В конце данного процесса по сигналу "Конец преобразования" УВВ на адресных входах А5–А9 ПЗУ устанавливает код одной из 32 заложенных в ПЗУ страниц, в которой хранится характеристика регулирования УОЗ по частоте вращения коленчатого вала, соответствующая измеренной степени вакуума во впускном трубопроводе. Разрешающая способность контроллера составляет 2,7 кПа (20 мм рт.ст.) по степени вакуума и 25 мин $\square$  1 по частоте вращения коленчатого вала. УОЗ изменяется с дискретностью, равной или крат $\square$  ной половине периода импульсов УИ. Характеристики управления УОЗ в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя вместе со служебными константами занимают 1 кБт информационной емкости ПЗУ. В ПЗУ заложены характеристики для прогретого и непрогретого двигателей. Преобразованный импульс датчика температуры охлаждающей жидкости, по которому выбирается соответствующая характеристика, поступает на старший разряд А10 адреса ПЗУ. В состав процессора входит счетчик угла поворота коленчатого вала, в который по импульсу НО загружается код УОЗ, вычисленный в предыдущем цикле работы контроллера. Затем начинается счет УИ. При переполнении счетчика на выходе процессора появляется им $\square$  пульс зажигания ИЗ, который через УВВ поступает в ФИЗ. В свою очередь, ФИЗ вырабатывает сигнал постоянной скважности, подаваемый через ключ СЗ на выход контроллера. Импульс зажигания ИЗ используется УВВ для формирования сигнала разделения каналов РК. Каналы коммутатора переключаются в момент появления ИЗ, а правильность переключения подтверждается сигналом НО, что повышает помехозащищенность контроллера. Вычисление угла поворота коленчатого вала и формирование им $\square$  пульса зажигания ИЗ, определяющего момент разрыва первичных цепей катушек зажигания, производится аппаратными средствами процессора независимо от работы остальной части схемы контроллера. Одновременно с вычислением УОЗ для текущих значений частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости и степени вакуума во впускном трубопроводе процессор контроллера определяет состояние электромагнитного клапана ЭПХХ. Сигнал управления электромагнитным клапаном ЭПХХ вырабатывается контроллером с учетом особенностей алгоритма его работы согласно заданной программы и подается на ключ ЭПХХ, обеспечивающий прекращение подачи топлива в карбюратор двигателя в режиме принудительного холостого хода. Вычисленные значения УОЗ запоминаются. На выходе контроллера устанавливается соответствующий логический уровень сигнала управления ЭПХХ. После процессор переходит в режим ожидания следующего импульса НО. Далее цикл работы контроллера повторяется. В контроллере "Электроника МС2713" предусмотрена защита от перемены полярности питающего напряжения и замыкания контактов разъема на корпус. Контроллер сохраняет работоспособность при подаче напряжения электроснабжения +18 В, при наличии в бортовой сети автомобиля перенапряжений с амплитудой до 150 В, не требует технического обслуживания и регулирования в процессе эксплуатации и может быть адаптирован для любого двигателя путем программирования ПЗУ под его характеристики управления. Применение контроллера "Электроника МС2713" для управления моментом зажигания и электромагнитным клапаном ЭПХХ позволяет снизить расход топлива и токсичность отработавших газов двигателя, улучшить динамические качества автомобиля. Это обусловливается стабильностью воспроизведения заданных характеристик управления УОЗ с максимально возможным приближением их к границе зоны детонации. Конструктивно контроллер выполнен на печат-

ной плате размером 150 × 60 мм с односторонним расположением элементов и двухсторонней металлизацией, которая закреплена на основании контроллера и защищена стальным кожухом. Вычисление УОЗ и МПСЗ. Для повышения точности вычисления требуемого УОЗ в контроллере МПСЗ используется метод линейной интерполяции. Если измеренное значение частоты вращения коленчатого вала отличается от значений в таблицах, заложенных в ПЗУ, то опорные значения углов интерполируют по формуле:

$\varphi = \frac{p_2 - p_1}{n_2 - n_1} (n - n_1) + \varphi_1$ , где  $n$  – код текущей частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 6.71, а);  $n_2, n_1$  – соответственно ближайшие к коду  $n$  коды больших и меньших табличных значений частоты вращения коленчатого вала;  $\varphi_1, \varphi_2$  – углы поворота коленчатого вала, соответствующие коду частот вращения  $n_1, n_2$ . Для повышения точности определения и отслеживания УОЗ вычисление угла  $\varphi$  производится поэтапно. Сначала осуществляется интерполяция по частоте вращения коленчатого вала для табличных значений  $n_2, n_1$ , а затем между найденными опорными значениями углов  $\varphi_1, \varphi_2$  проводится интерполяция по степени вакуума во впускном трубопроводе (рис. 6.71, б). Интерполяция по степени вакуума между значениями  $p_1, p_2$ .

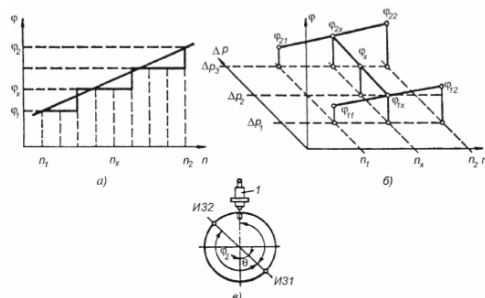


Рис. 6.71. Схема работы МПСЗ: 1 – ДНО

Отслеживание УОЗ производится контроллером на каждом обороте коленчатого вала, а изменение его значения – после расчета УОЗ, соответствующего текущим скоростному и нагрузочному режимам работы двигателя. Определение скоростного и нагрузочного режимов производится за один или несколько оборотов коленчатого вала в зависимости от частоты его вращения. При низких частотах вращения коленчатого вала вычисление частоты его вращения завершается до первого импульса зажигания ИЗ1 (рис. 6.71, в), а при высоких частотах – до появления импульса зажигания ИЗ2 или за полный оборот коленчатого вала. Если вычисление частоты вращения коленчатого вала заканчивается до появления первого импульса зажигания, то после его появления в течение второй половины оборота вычисляется степень вакуума во впускном трубопроводе, и значения УОЗ интерполируются. Когда вычисление частоты вращения коленчатого вала завершается после первого и второго импульсов ИЗ, степень вакуума определяется на втором обороте коленчатого вала после формирования импульса от ДНО, а интерполяция производится после первого импульса ИЗ на втором обороте.

#### 1.14.5. Форма отчета.

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### 1.14.6. Выводы.

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## **1.15 Лабораторная работа №15 ( 2 часа).**

**Тема: «Проверка технического состояния дизельного двигателя сканером АД-9000»**

**1.15.1 Цель работы:** Изучение методики работы сканера АД-9000 с дизельным двигателями.

### **1.15.2 Задачи работы:**

1. Определение неисправностей системы управления дизельным двигателем.
2. Определение неисправностей электрооборудования автомобиля.

### **1.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный автомобиль с дизельным двигателем.
  - сканер АД-9000.

### **1.15.4 Описание (ход) работы:**

Автосканер AD-9000 авто диагностическое оборудование для автосервиса. Подключив сканер AD-9000 к ПК, можно производить диагностические работы по системам автоматизации и управления транспортных средств производства Европы и Азии. Включена поддержка шины CAN. Благодаря сканеру AD-9000 можно провести диагностические работы систем управления двигателем EFI, EDI, иммобилайзера, ABS и других. Работа сканера AD-9000 может обеспечиваться как стационарным ПК, так и ноутбуком. В программное обеспечение уже встроена пользовательская база данных, которая регулярно и автоматически обновляется. Интерфейс программного обеспечения полностью русифицирован.

В блоки управления электронными системами современных автомобилей встроена функция самодиагностики, позволяющая выявлять неисправности датчиков, электропроводки и самого блока. Для считывания этой информации автомобили оснащаются диагностическими разъёмами для подключения к ним сканеров. Основная функция сканеров – считывание и расшифровка кодов ошибок из памяти неисправностей блоков управления двигателем, автоматической трансмиссией, ABS... Но ни одна система самодиагностики не в состоянии на 100% точно определить неисправность. Вследствие этого достоверность полученной информации колеблется в пределах от 30% до 80%. Блоки управления так же оснащаются функциями, позволяющими передавать фактические величины (параметры, измеряемые датчиками и рассчитываемые блоком управления) через сканер для отображения на ПК. Данная функция позволяет диагносту получить дополнительную информацию для выявления истинной неисправности. Так же посредством сканеров выполняется согласование и адаптация различных узлов электронных систем автомобиля, сброс сервисных интервалов и многие другие функции. Компания «ТрансТехСервис» наиболее полно представила на своих стендах сканеры различных производителей: Brain Bee AD-9000 – сканер, диагностика автомобилей производства Европы и Азии, стационарный; Brain Bee ST-6 000 – сканер, диагностика автомобилей (Европа/Азия), портативный; Gutmann MEGA MAX 55 – сканер-осциллограф (Европа/Азия.); Gutmann MEGA MAX 44 – сканер (Европа/Азия.); Gutmann MEGA MAX 40 – сканер протокола OBDII;

### **Электронно-управляемые топливные системы дизелей**

Эффективность электронного управления дизелем, как и бензиновым двигателем, в значительной степени определяется наличием в МПСУД электронно-управляемой топливной системы (ЭТС), основное назначение которой заключается в обеспечении оптимизации рабочего процесса дизеля.

ЭТС представляет собой совокупность электрогидравлических устройств, преобразующих управляющие электрические импульсы, вырабатываемые контроллером, в гидравлические импульсы давления топлива при впрыске его форсункой. В дизелях используются ЭТС, обеспечивающие подачу топлива непосредственно в цилиндры под давлением до 200 МПа. Управляемыми элементами ЭТС, имеющими встроенные электромеханические преобразователи и электромагнитные клапаны, являются топливоподкачивающие насосы, ТНВД, топливные магистрали высокого, низкого и среднего давления.

ЭТС высокого давления дизелей можно классифицировать по ряду признаков. Выделяют следующие основные ЭТС:

непрерывно управляемые с импульсным питанием форсунок от непрерывно управляемых ТНВД с механическим приводом плунжеров;

механоприводные с импульсным питанием форсунок от ТНВД с механическим приводом плунжеров и с импульсным индивидуальным управлением продолжительностью и опережением впрыскивания в магистралях высокого давления или форсунках;

пневмоприводные с импульсным питанием от ТНВД с пневматическим приводом плунжеров и с импульсным индивидуальным управлением продолжительностью и опережением впрыска в магистралях высокого давления или форсунках;

гидроприводные с непрерывным питанием форсунок от аккумуляторов топлива среднего давления и импульсной мультипликацией в ТНВД с гидравлическим приводом плунжеров, с импульсным управлением продолжительностью и опережением впрыска в ТНВД и/или форсунках при непрерывном управлении давлением в магистралях среднего давления;

аккумуляторные с непрерывным питанием форсунок от аккумуляторов топлива высокого давления и импульсным индивидуальным управлением продолжительностью и опережением впрыска в форсунках при непрерывном управлении давлением в магистралях высокого давления.

ЭТС по сравнению с неэлектронными топливными системами обладают такими преимуществами:

раздельной управляемостью подачей топлива при впрыске, давлением, опережением, числом фаз, формой характеристик впрыска, числом работающих цилиндров (циклов впрыска), равномерностью нагрузки цилиндров, ограничением подачи топлива;

независимостью давления впрыска от длительности и опережения впрыска;

388

независимостью опережения впрыска от длительности и давления впрыска;

возможностью сохранения работоспособности двигателя при отказе отдельных элементов.

Наиболее полное использование возможностей адаптивного управления обеспечивается ЭТС при индивидуальном управлении подачей топлива в каждом рабочем цикле каждого цилиндра. Возможности адаптации ЭТС на двигателе зависят от объема и характера изменений в конструкции многих агрегатов двигателя, необходимых для размещения и обеспечения эффективной работы ЭТС.

#### 7.7.2. *Íàðääüâîî öïäâëëüâîüâ ÝÕÑ*

В непрерывно управляемых ЭТС формирование гидравлических импульсов питания форсунок топливом и непрерывное усредненное управление параметрами таких импульсов осуществляется в ТНВД перемещением реек, изменяющих величину, фазу и давление подачи топлива к форсункам, или перемещением клапанов на входе, выходе или в перепускных клапанах насоса. Для перемещения реек и клапанов используются электромеханические преобразователи. Возможно также применение преобразователей релейного типа, осуществляющих широтно-импульсную модуляцию.

Контроллер формирует и осуществляет управляющие воздействия на электромеханические преобразователи ТНВД на основе информации о заданной и действительной частоте вращения коленчатого вала, а также о состоянии двигателя и связанных с ним агрегатов. Перемещение рейки осуществляется электромагнитом с коническим якорем и пружиной. Полное выключение подачи топлива, необходимое, например, в аварийных ситуациях, производится релейным электромагнитом.

В многоплунжерные рядные ТНВД фирмы Bosch встроены датчики частоты вращения кулачкового вала и перемещения рейки. Кроме того, контроллер получает информацию о давлении наддува, температуре воздуха, топлива, охлаждающей жидкости, положении педали управления, скорости движения автомобиля, включении сцепления и тормозных механизмов.

К электронному управлению лучше приспособлены распределительные ТНВД благодаря удобству встраивания в них исполнительных механизмов управления подачей и опережением впрыскивания топлива.

В ЭТС с распределительным ТНВД типа VE фирмы Bosch электромагнитный механизм через эксцентрик перемещает дозатор, устанавли-

вающий величину подачи топлива. Положение дозатора контролируется датчиком. Плунжер-распределитель приводится во вращение от входного вала ТНВД. Управление опережением впрыскивания осуществляется электрогидравлическим исполнительным механизмом.

### 7.7.3. Устройства с распределительным ТНВД

#### Устройства с распределительным ТНВД

В таких системах высокое давление топлива создается только на время его впрыскивания в соответствующий цилиндр. Источником высокого давления является ТНВД или одна его секция. В каждом канале впрыскивания находится магистраль низкого давления, ТНВД, магистраль высокого давления, форсунка и входящий, по крайней мере, в один из этих элементов управляющий модуль в виде электрического клапана.

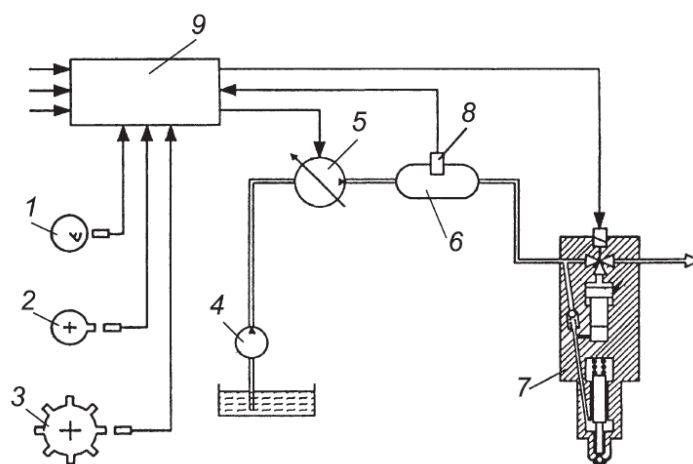
В зависимости от типа привода нагнетательного плунжера ТНВД ЭТС с импульсным питанием форсунок подразделяют на механические, пневматические и гидроприводные.

Точное регулирование начала подачи топлива форсункой осуществляется контроллером путем изменения фазы управляющего электрического импульса, который подается на электрический клапан, установленный в магистрали высокого давления между ТНВД и обычной механической форсункой. При выключенном клапане топливо из магистрали высокого давления сливается в топливный бак. При срабатывании клапана давление в магистрали растет, форсунка открывается и впрыскивает топливо в цилиндр.

Эффективность механоприводных ЭТС зависит от длины магистралей высокого давления. Наиболее предпочтительным является объединение насоса, форсунки и управляющего клапана в единый узел – электромеханическую насос\_форсунку.

В пневмоприводных ЭТС целесообразно применение электропневматических насос\_форсунок. Высокое давление топлива в пневмоприводных ЭТС создается плунжером высокого давления, приводимым в движение поршнем, на который непосредственно действует давление воздуха или газов в цилиндре двигателя.

В гидроприводных ЭТС высокое давление создается импульсно ТНВД с гидравлическим приводом плунжеров. ТНВД представляет собой гидротрансформатор или мультипликатор. Диаметр нагнетательного плунжера в несколько раз меньше диаметра приводного поршня. В ТНВД подается топливо под давлением из аккумулятора среднего давления.



**Рис. 7.39. Схема гидроприводной ЭТС с электрогидравлическими насос\_форсунками:**

1 – датчик; 2, 3 – датчики положения соответственно распределительного и коленчатого валов; 4 – подкачивающий насос; 5 – топливный насос среднего давления; 6 – аккумулятор среднего давления; 7 – форсунка; 8 – датчик давления; 9 – микроконтроллер

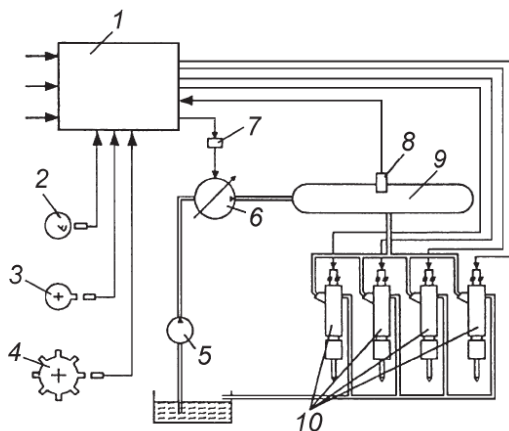
гидроприводных ЭТС в основном используются обычные форсунки с пружинным запирающим игл. Наиболее целесообразно применение гидроприводных ЭТС с электрогидравлическими насос\_форсунками (рис. 7.39). Среднее давление используется для обеспечения работы гидравлического привода мультипликатора. В состав магистрали топлива среднего давления входят аккумулятор и насос среднего давления, управляемый микроконтроллером.

Управляющая камера над поршнем ТНВД нормально открытым затвором электромагнитного клапана соединена со сливом, а нормально закрытым – с магистралью среднего давления. После подключения электромагнитного клапана микроконтроллером к источнику электропитания давление от аккумулятора среднего давления подается на поршень мультипликатора. Под плунжером мультипликатора создается высокое давление, которое передается на форсунку с пружинным механическим запирающим. Впрыскивание топлива в цилиндр прекращается при выключении электромагнита.

#### 7.7.4. Αέεοίόεϋοίδίουά ΥΌÑ âũñîîâî äääêâîèϋ

аёу аёсаёаё

Учитывая необходимость импульсного управления впрыскивани\_ем топлива, в аккумуляторных ЭТС наиболее эффективно приме\_не ние электроуправляемых (электро\_механических или электрогидрав\_лических) форсунок (рис. 7.40).



391

**Рис. 7.39. Схема гидроприводной ЭТС с электрогидравлическими на\_сос\_форсунками:**

1 – задатчик; 2, 3 – датчики положения соответственно распределительного и ко\_ленчатого валов; 4 – подкачивающий насос; 5 – топливный насос среднего давле\_ния; 6 – аккумулятор среднего давления; 7 – форсунка; 8 – датчик давления; 9 – микроконтроллер

Давление впрыскивания устанавливается непрерывным регулиро\_ванием давления в аккумуляторе по информации от датчика давле\_ния путем изменения подачи ТНВД. Управление опережением и длительностью впрыскивания обеспечивает микроконтроллер, изме\_няя фазу и длительность управляющего электрического импульса. Фаза управляющих импульсов устанавливается по информации от датчиков положения коленчатого и распределительного валов. Один из таких датчиков используется для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Датчик положения распределительного вала необходим для распознавания тактов в цилиндрах четырехтакт\_ных двигателей.

В аккумуляторной ЭТС высокого давления фирмы "Бош" (рис. 7.41) давление в аккумуляторе топлива адаптивно поддерживается опти\_мальным для каждого режима работы двигателя автоматическим регу\_лятором, действующим по программе, заложенной в микропроцессо\_ре. По информации, поступающей от датчика давления, регулятор поддерживает заданный уровень давления путем сброса части топли\_ва из магистрали высокого давления через электромагнитный клапан.

Изменение количества сбрасываемого топлива производится за счет широт\_но\_импульсной модуляции управляющего электромагнитом сигнала, которая может быть дополнена и частотно\_импульсной мо\_дуляцией.

392





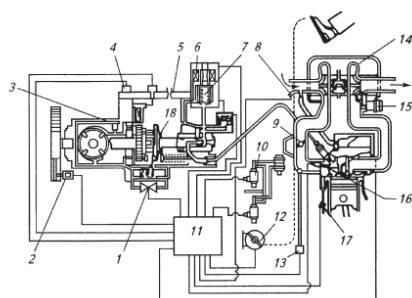
туры топлива; 14 – электрогидравлическая форсунка; 15 – свеча накаливания; 16 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 17 – датчик положения коленчатого вала (частоты вращения); 18 – электромагнитный привод клапана газораспределения; 19 – датчик температуры воздуха на всасывании; 20 – датчик давления наддува; 21 – датчик массового расхода воздуха; 22 – турбокомпрессор; 23 – электропневматический клапан системы управления рециркуляцией отработавших газов; 24 – электропневматический клапан системы регулирования наддува; 25 – вакуумный электронасос; 26 – щиток приборов; 27 – непрерывный и контактный датчик положения педали управления; 28 – контактный датчик положения педали тормозной системы; 29 – контактный датчик положения педали сцепления; 30 – датчик скорости автомобиля; 31 – задатчик регулятора скорости автомобиля; 32 – компрессор кондиционера; 33 – задатчик регулятора кондиционера; 34 – индикатор системы диагностирования с контактным разъемом для подключения диагностического прибора; CAN – линия связи с мультимплексной системой автомобиля; \_ – топливопроводы высокого давления; \_\_ – топливопроводы низкого давления; – – электрические кабели

Электронное управление дизелем необходимо для уменьшения количества токсичных веществ в отработавших газах, уменьшения дымности, вибрации, уровня шума, оптимизации и стабилизации частоты вращения на холостом ходу и т.д. Это обеспечивается электронным блоком управления, который после обработки информации о состоянии двигателя от различных датчиков выдает управляющие сигналы, обеспечивающие оптимизацию количества подаваемого топлива и момента его впрыскивания.

Система управления дизелем ("Тойота") приведена на рис. 7.43.

Система обеспечивает управление количеством топлива, моментом начала подачи топлива, воздушной заслонкой, частотой вращения коленчатого вала на режиме холостого хода и свечой зажигания.

Управление количеством подаваемого топлива осуществляется блоком управления на основании данных о частоте вращения коленчатого вала и положении педали подачи топлива с учетом поправок на температуру и давление воздуха на впуске, температуру жидкости и т.д. Получая информацию от различных датчиков, блок управления обеспечивает подачу такого количества топлива, чтобы частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода не отличалась от расчетной.



**Рис. 7.43. Система управления дизелем ("Тойота"):**

1 – специальный клапан управления; 2 – датчик угла поворота коленчатого вала; 3 – жиклер для впуска топлива; 4 – корректирующий резистор; 5 – жиклер для выпуска топлива; 6 – электромагнитный перепускной клапан; 7 – электромагнитный клапан; 8 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 9 – воздушные заслонки; 10 – клапан; 11 – блок управления; 12 – сигнал нажатия на педаль подачи топлива; 13 – датчик давления поступающего в двигатель воздуха; 14 – система турбонаддува; 15 – клапан; 16 – датчик воспламенения; 17 – датчик температуры

охлаждающей жидкости;  $I_8$  – датчик частоты вращения коленчатого вала  
Сила тока свечей накаливания при пуске дизеля регулируется блоком управления в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и других параметров.

#### **1.15.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.15.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## **1.16 Лабораторная работа №16 ( 2 часа).**

**Тема: «Проверка технического состояния дизельного двигателя сканером АД-9000»**

**1.16.1 Цель работы:** Изучение методики работы сканера АД-9000 с дизельным двигателями.

### **1.16.2 Задачи работы:**

1. Определение неисправностей системы управления дизельным двигателем.
2. Определение неисправностей электрооборудования автомобиля.

### **1.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. При выполнении лабораторной работы используются следующие материалы:
  - методическое указание к лабораторной работе;
  - справочные материалы;
  - работоспособный автомобиль с дизельным двигателем.
  - сканер АД-9000.

### **1.16.4 Описание (ход) работы:**

Автосканер AD-9000 авто диагностическое оборудование для автосервиса. Подключив сканер AD-9000 к ПК, можно производить диагностические работы по системам автоматизации и управления транспортных средств производства Европы и Азии. Включена поддержка шины CAN. Благодаря сканеру AD-9000 можно провести диагностические работы систем управления двигателем EFI, EDI, иммобилайзера, ABS и других. Работа сканера AD-9000 может обеспечиваться как стационарным ПК, так и ноутбуком. В программное обеспечение уже встроена пользовательская база данных, которая регулярно и автоматически обновляется. Интерфейс программного обеспечения полностью русифицирован.

В блоки управления электронными системами со- временных автомобилей встроена функция самодиагностики, позволяющая выявлять неисправности датчиков, электропроводки и самого блока. Для считывания этой информации автомобили оснащаются диагностическими разъёмами для подключения к ним сканеров. Основная функция сканеров – считывание и расшифровка кодов ошибок из памяти неисправностей блоков управления двигателем, автоматической трансмиссией, ABS... Но ни одна система самодиагностики не в состоянии на 100% точно определить неисправность. Вследствие этого достоверность полученной информации колеблется в пределах от 30% до 80%. Блоки управления так же оснащаются функциями, позволяющими передавать фактические величины (параметры, измеряемые датчиками и рассчитываемые блоком управления) через сканер для отображения на ПК. Данная функция позволяет диагносту получить дополнительную информацию для выявления истинной неисправности. Так же посредством сканеров выполняется согласование и адаптация различных узлов электронных систем автомобиля, сброс сервисных интервалов и многие другие функции. Компания «ТрансТехСервис» наиболее полно представила на своих стендах сканеры различных производителей: Brain Bee AD-9000 – сканер, диагностика автомобилей производства Европы и Азии, стационарный; Brain Bee ST-6 000 – сканер, диагностика автомобилей (Европа/Азия); Gutmann MEGA MAX 55 – сканер-осциллограф (Европа/Азия; Gutmann MEGA MAX 44 – сканер (Европа/Азия; Gutmann MEGA MAX 40 – сканер протокола OBDII;

Электронные системы газообмена (ЭСГО) могут включать следующие подсистемы управления:

- газораспределением (фазами газораспределения, законом движения клапана);
- настройкой газодинамических параметров впускного трубопровода;
- настройкой газодинамических параметров выпускного трубопровода;

рециркуляцией отработавших газов.

Воздействуя на процессы газообмена, ЭСГО выполняет такие функции:

управление мощностью двигателя;

улучшение экономических и экологических показателей двигателя;

рост эффективности торможения автомобиля.

Управление мощностью двигателя при одновременном улучшении экономических и экологических показателей двигателей ЭСГО осуществляется за счет изменения хода впускных клапанов или исключения наполнения и подачи топлива в отдельных цилиндрах.

Управляя фазами газораспределения, динамикой подъема клапанов и газодинамическими процессами во впускных и выпускных трубопроводах, можно изменять скоростные характеристики и улучшать мощностные показатели двигателя.

В бензиновых двигателях ЭСГО осуществляет направленное воздействие на процесс сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах, изменяя интенсивность вихревого движения заряда, возникающего во время такта впуска, с помощью поворотных заслонок, размещаемых в каналах перед впускными клапанами.

Рециркуляция отработавших газов, т.е. дозированная добавка к свежему заряду топливовоздушной смеси части отработавших газов, обеспечивает уменьшение токсичных выбросов.

Тормозные качества автомобиля улучшаются при увеличении сопротивления выпуска отработавших газов с помощью регулируемой дроссельной заслонки в выпускной системе или за счет изменения подъема впускного клапана.

7.9.2. Для оптимизации рабочего процесса двигателя необходимо регулировать подъем клапанов и фазы газораспределения.

Управлять фазами газораспределения можно с помощью исполнительного механизма, изменяющего угловое положение распределительного вала. Такой способ управления целесообразно использовать на двигателях с отдельными распределительными валами для привода впускных и выпускных клапанов.

Для регулирования не только фаз газораспределения, но и высоты подъема клапанов можно использовать кулачки со сложной поверхностью, синтезированной из нескольких различных профилей. Осевое перемещение распределительного вала в зависимости от режима работы двигателя позволяет задействовать определенный профиль кулачка, соответствующий оптимальному газораспределению.

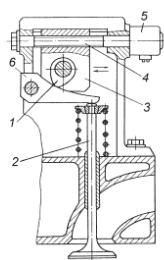


Рис. 7.44. Устройство для изменения фаз газораспределения путем смещения вала в осевой плоскости:

1 – распределительный вал; 2 – клапан; 3 – подвижная опора; 4 – винтовой механизм; 5 – электропривод; 6 – промежуточный фигурный рычаг на оси

Электронное управление газораспределением за счет позиционирования по углу поворота или осевого перемещения распределительного вала со сменой профиля рабочих участков кулачков может быть только одинаково осредненным для всех цилиндров двигателя. Для позиционирования распределительного вала используются электрогидравлические устройства. Предложено множество кинематических схем с электромеханическим или электрогидравлическим приводом, регулирующих высоту подъема клапанов за счет изменения передаточного числа в коромыслах привода клапанов. В устройстве, приведенном на рис. 7.44, распределительный вал 1 вместе с опорами 3 с помощью винтового ме-

ханизма 4 перемещается в плоскости, проходящей через ось вала. Между кулачком вала 1 и клапаном 2 установлен рычаг специальной формы, который обеспечивает изменение фаз газораспределения и высоты подъема клапана.

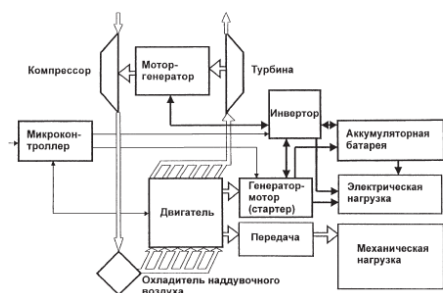
Управление газораспределением способствует дальнейшему совершенствованию двигателей, но при создании ЭСГО должно быть учтено соотношение между достигаемым эффектом и сложностью, стоимостью исполнительных механизмов, а также возможным снижением показателей надежности двигателя.

Эффективным средством улучшения удельных мощностных показателей двигателей является наддув. Увеличение литровой мощности при наддуве достигается благодаря подаче воздуха или топливовоздушной смеси в цилиндры под избыточным давлением.

Неуправляемые системы наддува не могут обеспечивать оптимальную работу турбокомпрессора во всем диапазоне скоростных режимов работы двигателя.

В электронной системе управления наддувом за счет перепуска газов мимо турбины турбокомпрессора 22 (см. рис. 7.42) используется электропневматический клапан 24, состоящий из электромагнитного управляющего клапана и пневматического мембранного привода. Когда клапан 24 закрывает обходной канал при низких частотах вращения коленчатого вала, то все отработавшие газы проходят через турбину. По мере открытия клапана с увеличением нагрузки все большая часть отработавших газов проходит через обводной канал, минуя турбину. Энергия отработавших газов, пропущенных через обводной канал, не используется. При этом температура газов в выпускной системе двигателя повышается, что является существенным недостатком перепускных электронных систем управления турбокомпрессорами.

Для управления турбонаддувом надо рационально использовать встроенную в турбокомпрессор электрическую машину. На рис. 7.45 дана схема электронной системы управления турбонаддувом с электротурбокомпрессором. В простейшем варианте такой системы турбонаддува можно использовать электродвигатель переменного тока, к которому для управления частотой вращения подводится переменный электрический ток регулируемых частот и напряжения от генераторной установки и аккумуляторной батареи через инвертор.



**Рис. 7.45. Схема электронной системы управления наддувом с электротурбокомпрессором:**

— — механические связи; — газодые связи; — — электрические связи; \_ — информационные связи

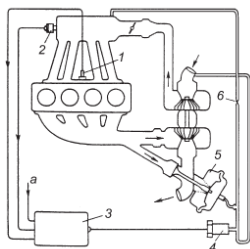
При пуске двигателя в режимах холостого хода, разгона и малых нагрузок электродвигатель, создавая дополнительный вращающий момент, разгоняет вал турбокомпрессора до частоты вращения, при которой достигается оптимальное по расходу топлива давлением наддува. На режимах максимальной мощности электродвигатель вместе с инвертором выключается.

Интерес представляет использование в турбокомпрессоре обратимой электрической машины — мотор-генератора, который при больших нагрузках двигателя, когда развиваемая за счет энергии отработавших газов мощность турбины больше требуемой для создания оптимального давления наддува, переводится в генераторный режим работы. Микроконтроллер регулирует мощность, отбираемую обратимой электрической машиной и пе-

редаваемую в бортовую сеть электрооборудования транспортного средства, обеспечивая оптимальный наддув.

В двигателях с турбонаддувом устранять детонацию сложно, поэтому в качестве командного параметра во всех системах управления турбонаддувом используется сигнал датчика детонации. С помощью датчика можно управлять УОЗ, давлением наддува или одновременно двумя этими параметрами.

В системе управления давлением турбонаддува с помощью датчика детонации (рис. 7.46) электромагнитный клапан 4 периодически, с частотой 12 Гц, открывается и закрывается.

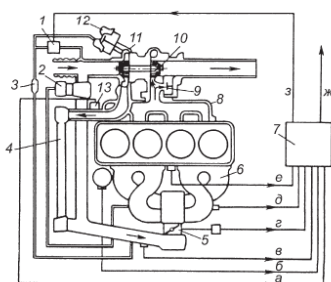


**Рис. 7.46. Схема систем управления наддувом с помощью датчика детонации:**

1 – датчик детонации; 2 – впускной трубопровод; 3 – блок управления; 4 – электромагнитный клапан; 5 – мембранный механизм клапана перепуска отработавших газов; 6 – калиброванное отверстие

Соотношение времени открытого и закрытого состояния клапана 4 изменяется по управляющим импульсам блока управления 3, которые формируются на основе информации, поступающей от датчиков 1 детонации, давления во впускном трубопроводе 2 и частоты вращения коленчатого вала. При этом изменяется положение клапана перепуска отработавших газов с мембранным механизмом 5, количество газов, проходящих через отводной канал мимо турбины, и давление наддува.

Рассмотренный принцип регулирования давления наддува с помощью электромагнитного клапана в системе перепуска отработавших газов использован в более совершенных системах (рис. 7.47) с датчиком детонации, осуществляющих совместно управление УОЗ и давлением наддува. Управляющие импульсы *з* для электромагнитного клапана перепуска отработавших газов и импульсы *ж* для системы зажигания формируются микропроцессором 7 на основе информации, поступающей по каналам связи *а*, *д*, *б*, *в* и *е* соответственно от датчиков давления воздуха после компрессора, давления во впускном трубопроводе, частоты вращения коленчатого вала, положения дроссельной заслонки, температуры воздуха после охладителя и детонации.



**Рис. 7.47. Схема микропроцессорной системы управления давлением наддува и УОЗ с**

**помощью датчика детонации:**

1 – электромагнитный клапан перепуска отработавших газов; 2 – клапан перепуска воздуха; 3 – дросселирующее отверстие; 4 – охладитель воздуха; 5 – дроссельная заслонка; 6 – впускной трубопровод; 7 – микропроцессор; 8 – выпускной трубопровод; 9 – клапан перепуска отработавших газов; 10 – турбина; 11 – компрессор; 12 – мембранный механизм клапана перепуска газов; 13 – датчик давления воздуха



Достоинством системы является возможность кратковременного значительного увеличения давления наддува при резком открытии дроссельной заслонки.

#### **1.16.5. Форма отчета.**

1. Дата и тема работы.
2. Расчетные формулы с краткими пояснениями.
3. Исходные данные для расчета.
4. Результаты расчетов.
5. График (на миллиметровой бумаге).

#### **1.16.6. Выводы.**

В выводах указать достигнута ли поставленная цель и выполнены задачи. Краткий анализ полученных результатов.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

## ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### 2.1 Практическое занятие №1 (2 часа).

**Тема:** «Изучить устройство аккумуляторной батареи и генераторов, их маркировку»

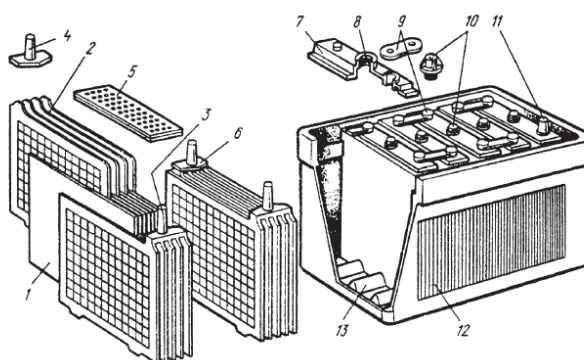
#### 2.1.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство аккумуляторной батареи
2. Изучить устройство генераторов
3. Дать расшифровку маркировки аккумуляторной батареи и генератора.

#### 2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

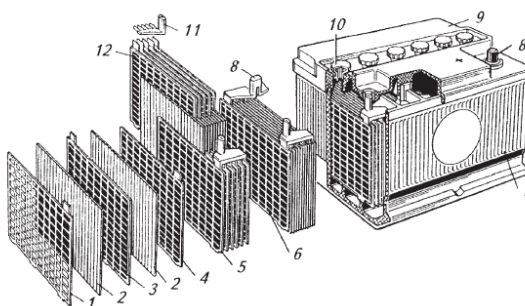
Стартерная свинцовая аккумуляторная батарея обычной конструкции с межэлементными перемычками над ячеичными крышками состоит из собранных в полублоки 2 и 3 (рис. 2.1) положительных и отрицательных электродов (пластин), сепараторов 1, моноблока 12 (корпуса), крышек 7 с пробками 10, межэлементных перемычек 9, полюсных выводов 11 и предохранительного щитка 5.

Аккумуляторная батарея с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой дана на рис. 2.2. Положительные 3 и отрицательные 4 электроды имеют решетку 1 с нанесенной на нее активной массой. Для предохранения от коротких замыканий электроды разделены сепараторами 2. Положительные и отрицательные электроды соединены бареткой в полублоки 12 и 5. \_



**Рис. 2.1. Стартерная аккумуляторная батарея обычной конструкции:**

1 – сепаратор; 2, 3 – полублоки соответственно положительных и отрицательных электродов; 4 – баретка; 5 – мостик; 6 – крышка; 7 – заливочное отверстие; 8 – межэлементная перемычка; 9 – пробка; 10 – полюсный вывод; 11 – моноблок; 12 – опорная призма



**Рис. 2.2. Аккумуляторная батарея с общей крышкой:**

1 – решетка; 2 – сепаратор; 3, 4 – электроды соответственно положительный и отрицательный; 5, 12 – полублоки соответственно отрицательных и положительных электродов; 6 – блок электродов с сепараторами; 7 – корпус моноблока; 8 – полюсный вывод; 9 – общая крышка; 10 – пробка; 11 – мостик с борном

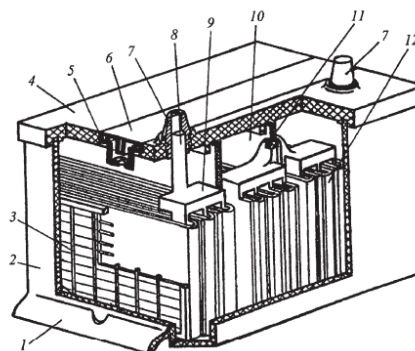


Рис. 2.3. Аккумуляторная батарея с сепараторами-конвертами:

1 – выступ моноблока; 2 – моноблок; 3 – электрод; 4 – крышка; 5 – пробка; 6 – планка; 7 – вывод; 8 – борн; 9 – мостик; 10 – перегородка; 11 – межэлементная перемычка; 12 – сепаратор конверт

Полублоки объединяются в блоки, которые опускаются в секции моноблока и соединяются между собой межэлементными перемычками.

Аккумуляторная батарея с сепараторами конвертами и межэлементными перемычками под общей крышкой через перегородку для тракторов приведена на рис. 2.3.

В полностью заряженной свинцовой батарее активным веществом положительных электродов является диоксид свинца  $PbO_2$  (темно-коричневого цвета), а отрицательных – губчатый свинец  $Pb$  (серого цвета).

Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активной массе при ее заряде и токоотвода при ее разряде, а также механического удержания активной массы.

Одинаковые по конструкции решетки положительных и отрицательных электродов имеют уши, рамку с вертикальными ребрами и горизонтальными жилами, опорные ножки. В некоторых решетках в случае применения сепараторов конвертов ножки имеют меньшую высоту или отсутствуют. Профиль ребер и жилок обеспечивает легкое извлечение решетки из литейной формы и хороший контакт между активной массой и решеткой.

Освинцованная сетка металлической решетки с увеличенной поверхностью имеет лучшее сцепление с активным веществом электрода, что уменьшает действие коррозии и увеличивает срок службы батареи.

Решетки электродов должны обеспечивать равномерное токораспределение по всей массе активных веществ. Степень неравномерности токораспределения на электродах зависит от отношения высоты к ширине электродов. С приближением данного отношения к единице (квадратный электрод) степень неравномерности токораспределения снижается. В стартерных батареях обычной конструкции применяют электроды шириной 143 мм и высотой без ножек 119 и 133,5 мм.

Толщина решеток электродов зависит от режимов работы и установленного срока службы батареи. Для автомобильных батарей толщина решеток равна 1,5–2 мм.

Решетки отрицательных электродов имеют меньшую толщину, так как они менее подвержены коррозии. Масса решетки составляет до 50 % массы электрода.

Решетки электродов отливают из сплава свинца и сурьмы (4–6 %) с добавлением мышьяка (0,1–0,2 %). Сурьма увеличивает механическую прочность и коррозионную стойкость решетки, повышает ее твердость, улучшает текучесть сплава при изготовлении решеток, снижает их оксидирование при хранении. Добавка мышьяка увеличивает коррозионную стойкость решеток, заметно повышает предел прочности на разрыв и твердость. Легирование мышьяком свинцово-сурьмянистых сплавов решеток электродов позволяет увеличить срок службы батарей.

Ячейки решеток электродов заполнены пористой активной массой. Основой пасты электродов является свинцовый порошок, замешиваемый в водном растворе серной кислоты. Для увеличения прочности активной массы в пасту положительных электродов добавляют полипропиленовое волокно. Добавление волокна повышает механическую проч-

ность пасты и увеличивает пористость активной массы положительного электрода с 40 до 50 %, в результате чего повышается срок службы и улучшаются энергетические характеристики батареи на 9–15 %. Содержание волокна и капрона или пропилена диаметром 25 мкм, длиной 3–5 мм составляет 0,4 % сухой массы активного вещества. Уплотнение активного вещества отрицательных электродов в процессе эксплуатации предотвращается благодаря добавлению в пасту расширителей (сажа, дубитель БНС, гумматы, получаемые из торфа, и т.д.) в смеси с серноокислым барием.

Пористая структура активной массы электродов обеспечивает лучшее проникновение электродов в глубинные слои и повышает коэффициент использования активных веществ. Активная поверхность пористой массы (поверхность, непосредственно контактирующая с электролитом) в сотни раз превышает геометрическую поверхность электрода.

Губчатый свинец отрицательного электрода имеет меньшее удельное сопротивление (1,83–10 Ом/см) по сравнению с диоксидом свинца ( $74 \times 10 \times 4$  Ом/см) положительного электрода, поэтому отрицательный электрод обладает большей механической прочностью, меньше подвержен короблению и коррозии.

Омическое сопротивление решеток стартерных батарей толщиной 2,2–2,5 мм находится в пределах 1,8–2,4 мОм, толщиной 1,6–1,8 мм – в пределах 2,4–3,0 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательного электрода составляет 62–70 % сопротивления решетки, а положительного – 92–98 %. По мере разряда батареи сопротивление электродов приближается к сопротивлению решеток.

Отрицательные и положительные электроды с помощью бареток соединены в полублоки. Баретки имеют мостики, к которым ушками приварены решетки электродов, и выводные штыри (борны). Борны являются токоотводами полублоков электродов. Мост и мостики обеспечивают необходимый зазор между электродами. С увеличением числа параллельно соединенных электродов в полублоках увеличивается номинальная емкость аккумулятора.

Полублоки объединены в блоки электродов. В зависимости от предъявляемых к батарее требований соотношение между числом положительных и отрицательных электродов может быть различным. Однако число разнополярных электродов отличается не более чем на единицу: обычно отрицательных электродов в блоках на один больше, чем положительных.

В токообразующих реакциях участвует большее количество активного вещества положительных электродов. Находясь между двумя отрицательными электродами, положительный электрод при заряде и разряде подвергается меньшим изменениям активной массы и меньше деформируется. При таком соотношении толщина положительных электродов, как правило, на 10–20 % больше толщины отрицательных, а толщина крайних отрицательных электродов на 40 % меньше толщины положительных. В некоторых батареях число разнополярных электродов одинаково. В таких случаях оба электрода имеют одинаковую толщину.

Электроды в блоках разделены сепараторами, которые, предотвращая короткое замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междуэлектродном пространстве и возможность переноса электрического заряда от одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют положение электродов, предупреждая их перемещение при тряске и вибрации. В некоторых конструкциях аккумуля

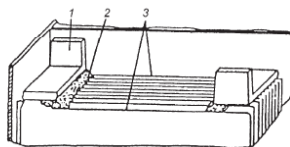


Рис. 2.4. Крепление блока электродов к баретке с помощью полиуретана

торных батарей блок электродов 3 (рис. 2.4) крепится дополнительно к баретке 1 с помощью полиуретана 2, что значительно повышает стойкость аккумуляторной батареи к вибрации.

Технические показатели сепараторов существенно влияют на работу свинцовой аккумуляторной батареи. От омического сопротивления сепараторов зависит внутреннее падение напряжения в аккумуляторной батарее. Сепараторы замедляют оплывание активной массы положительных электродов и сульфатацию отрицательных электродов, продлевая срок службы аккумуляторной батареи.

Сепараторы должны обладать высокой пористостью, достаточными механической прочностью, кислотостойкостью, эластичностью, минимальной гигроскопичностью при длительном хранении аккумуляторной батареи в сухозаряженном состоянии и должны сохранять свои свойства в широком диапазоне температур. Сопротивление сепаратора, пропитанного электролитом, должно быть меньше, чем сопротивление такого же по объему и геометрическим размерам слоя электролита.

В стартерных свинцовых батареях устанавливают сепараторы из мипора, мипласта, поровинила, пластипора (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Материал	Относительное электро-сопротивление <sup>1</sup> , не более	Объемная пористость, %, не менее	Масса, кг, сепаратора с площадью поверхности 1 м <sup>2</sup>
Мипор	5,5	50–60	0,564
Мипласт	5	40–50	0,636
Поровинил	5	75	0,272
Пластипор	—	75	0,250

<sup>1</sup>Относительное сопротивление — отношение сопротивления сепаратора, пропитанного электролитом, к сопротивлению слоя электролита той же формы, какую имеет сепаратор.

**Мипор** (микропористый эбонит) получают в результате вулканизации смеси натурального каучука с силикагелем и серой. Промышленность выпускает сепараторы из мипора толщиной 1,1; 1,5; 1,9 мм. К недостаткам сепараторов из мипора относятся хрупкость, малая скорость пропитки электролитом, дефицитность сырья и высокая стоимость.

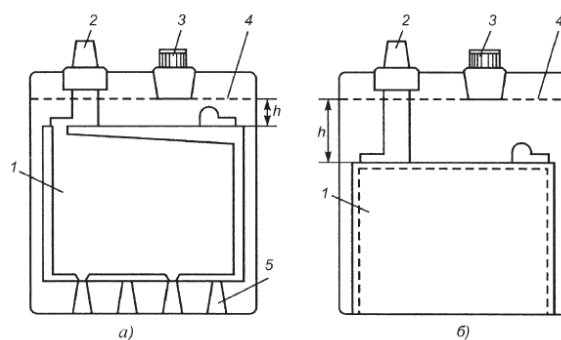
**Мипласт** или микропористый полихлорвинил изготавливают из полихлорвиниловой смолы путем спекания. Сепараторы из мипласта выпускают толщиной 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм. Технологический процесс изготовления сепараторов из мипласта проще. Мипласт быстро пропитывается электролитом, обладает низким относительным сопротивлением и достаточной механической прочностью. Мипласт менее стоек к образованию игольчатых токопроводящих мостиков между электродами, так как имеет меньшую пористость и больший диаметр пор по сравнению с мипором. Срок службы батарей с сепараторами из мипласта меньше.

**Поровинил** получают из пористого полихлорвинила, а **пластипор** — из перхлорвиниловой смолы.

Влажность сепараторов из мипора и мипласта при сборке, а также сквозных микротверстий, которые можно обнаружить при просвечивании электрической лампой мощностью 100 Вт, расположенной на расстоянии 100 мм от сепаратора, не должна быть более 2 %.

Механическую прочность сепараторов оценивают по сопротивлению при разрыве, изгибе вокруг валика диаметром 45–60 мм.

Сепараторы представляют собой тонкие (1–2 мм) прямоугольные пластины с вертикальными ребрами, которые обращены к положительному электроду для лучшего доступа к нему электролита. Небольшие ребра высотой 0,15–0,20 мм со стороны, обращенной к отрицательному электроду, снижают вероятность "прорастания" сепаратора, улучшают условия диффузии и конвекции электролита около отрицательного электрода.



**Рис. 2.5. Схемы расположения электродов в аккумуляторных батареях:**

*а* – обычных; *б* – необслуживаемых с сепараторами\_конвертами; 1 – блок электродов; 2 – полюсный вывод; 3 – пробка; 4 – призма моноблока; *h* – уровень электролита над блоком электродов.

Сепараторы из мипора и мипласта больше электродов по ширине на 3–5 мм, по высоте на 9–10 мм, что исключает появление токопроводящих мостиков по торцам электродов и сепараторов.

В последнее время в необслуживаемых аккумуляторных батареях применяют также сепараторы конверты. Схема расположения электродов в аккумуляторных батареях дана на рис. 2.5.

При установке одного из электродов в сепаратор конверт исключается замыкание электродов разноименной полярности шламом.

Поэтому можно устанавливать блоки электродов непосредственно на дно моноблоков без призм и шламового пространства, что позволяет при сохранении высоты аккумуляторной батареи более чем в 2 раза увеличить высоту уровня электролита над электродами.

**Моноблок** (корпус) стартерных батарей изготавливают из эбонита (ГОСТ 6980–76) или пластмассы (ГОСТ Р 51977–2002). Тяжелые и хрупкие моноблоки из эбонита в настоящее время заменяют моноблоками из термопласта (наполненного полиэтилена) или тонкостенными моноблоками из морозостойкого сополимера пропилена с этиленом. Высокая прочность в широком интервале температур, стойкость к кислотам, маслам, растворителям и теплостойкость новых моноблоков позволили уменьшить толщину их стенок до 1,8–2,5 мм (вместо 6–8 мм для моноблока из эбонита), а перегородок – до 1,2–2,5 мм (вместо 2,65–5,6 мм).

Внутри моноблок разделен прочными непроницаемыми перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. В ячейках моноблока размещают собранные в блоки электроды, разделенные сепараторами. В аккумуляторных батареях с обычными сепараторами на дне каждой ячейки предусмотрены четыре призмы, образующие пространство для оседающих на дно ячеек батареи активных веществ электродов (шлама). На каждые две опорные призмы устанавливают разнополярные электроды на опорах, что исключает их короткое замыкание шламом. На перегородках моноблока предусмотрены вертикальные выступы (пилястры) для лучшей циркуляции электролита у электродов, прилегающих к перегородкам.

Применение полипропилена дало возможность при сохранении достаточной механической прочности существенно уменьшить массу моноблока. Плотность пропиленового моноблока равна 0,9 г/см<sup>3</sup>, а эбонита – 1,4 г/см<sup>3</sup>. За счет уменьшения толщины стенок масса полипропиленового моноблока на 80 % меньше массы эбонитового, что делает батарею более транспортабельной в процессе эксплуатации.

При одинаковых габаритных размерах в полипропиленовый моноблок можно установить больше электродов, что увеличивает емкость батареи на 15–20 %. Моноблок из



полипропилена прочнее, труднее разрушается, более термостоек, полупрозрачен, что упрощает контроль уровня электролита. Полипропилен более устойчив к воздействию электролита, масел, пластичных смазочных материалов и бензина.

При соединении аккумуляторов через перегородки уменьшаются масса свинца и внутреннее сопротивление батареи, что повышает на 10 % ее мощность. Плотное приваренная к моноблоку общая крышка предотвращает подтекание электролита и окислирование полюсных выводов в процессе эксплуатации.

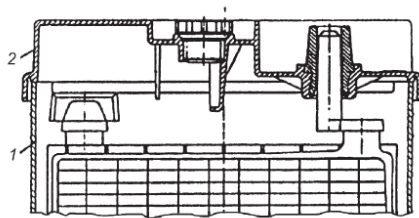
**Крышки** отдельных аккумуляторов или всей батареи изготавливаются из однородного с моноблоком материала. Наиболее распространена крышка с двумя крайними отверстиями для вывода борнов блока электродов и одним средним резьбовым отверстием для заполнения ячейки моноблока электролитом и контроля его уровня. В крайние отверстия отдельных крышек запрессованы свинцовые втулки.

В местах стыка отдельных крышек со стенками моноблока батареи герметизированы битумной мастикой.

Широкие возможности для конструктивных усовершенствований, позволяющих облегчить техническое обслуживание батареи в процессе эксплуатации, обеспечивает применение общих крышек, которые приваривают к моноблокам. Контактная тепловая сварка пластмассового моноблока 1 (рис. 2.6) и общей крышки 2 создает надежную герметизацию.

Применение общей крышки на все аккумуляторы батареи позволяет: уменьшить длину межэлементных соединений, что понижает внутреннее сопротивление батареи; легче поддерживать чистоту верхней части батареи, что снижает вероятность ее саморазряда через крышку; усилить крепление отдельных аккумуляторов в батарее.

Однако использование общей крышки имеет недостатки: нельзя измерить напряжение отдельного аккумулятора и заменить его, если он непригоден; невозможно отремонтировать батарею с общей крышкой.

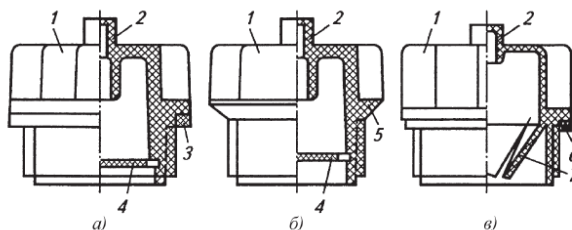


**Рис. 2.6. Соединение общей крышки с моноблоком:**

1 — моноблок; 2 — крышка

Заливочные отверстия горловины в крышках унифицированы по метрической резьбе М20, М24 и М30 и закрыты пробками с вентиляционными отверстиями.

**Пробки** изготавливают из эбонита, полистирола или фенолита. Пластмассовые пробки имеют меньшую массу и большую прочность. Для того чтобы предотвратить вытекание электролита, между уплотнительным бортиком корпуса 1 (рис. 2.7) и заливочной горловиной крышки устанавливают резиновую шайбу 3. Герметизация может обеспечиваться также конусным бортиком 5, плотно прилегающим к горловине отверстия в крышке. В новой конструкции пробок предусмотрен пластмассовый уплотнительный элемент 6, расположенный на бортике пробки. Пробки имеют встроенные отражатели 4 и 7, ко



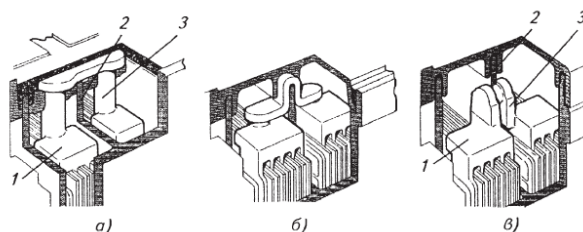
**Рис. 2.7. Пробки батарей с уплотнением:**



*а* – резиновым; *б* – под конус; *в* – пластмассовым; *1* – корпус пробки; *2* – прилив вентиляционного отверстия; *3* – резиновая шайба; *4* – отражатель; *5* – конусный бортик; *6* – пластмассовый уплотнительный элемент; *7* – лепестковый отражатель которые не позволяют электролиту выплескиваться через вентиляционное отверстие. В пробках новой конструкции отражатель *7* выполнен в виде лепестков.

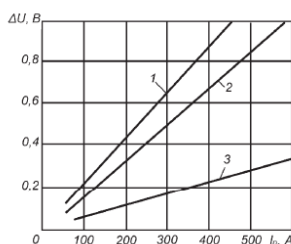
Батареи большей емкости снабжены ручками для переноски, прикрепленными к моноблоку специальными металлическими скобами, накладками и винтами. Такая конструкция требует дополнительной оснастки для изготовления крепежных деталей переносных устройств и увеличивает трудоемкость изготовления батарей. Исполнение переносных устройств с ручками, расположенными в отверстиях бортика моноблока, проще. Ручки могут быть жесткими или гибкими, могут перемещаться в вертикальном направлении и поворачиваться на некоторый угол по горизонтали. Переносные устройства и места их крепления должны выдерживать нагрузку, равную двукратной массе батареи с электролитом.

Для последовательного соединения аккумуляторов в батарее используют межэлементные перемычки (рис. 2.8), которые припаивают к борнам бареток полублоков в таком порядке, чтобы соединить между собой полублок отрицательных электродов одного аккумулятора с полублоком положительных электродов рядом расположенного аккумулятора. При соединении борна с межэлементной перемычкой к ним приваривается верхняя часть свинцовой втулки, запрессованной



**Рис. 2.8. Межэлементные перемычки аккумуляторных батарей:**

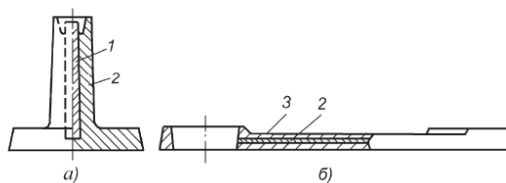
*а* – наружные над крышкой; *б* – внутренние над перегородкой; *в* – внутренние через отверстие в перегородке; *1* – мостик баретки; *2* – перегородка моноблока; *3* – борн баретки



**Рис. 2.9. Зависимость падения напряжения  $\Delta U$  в перемычке между аккумуляторами от силы разрядного тока  $I_p$  батареи при различных способах соединения аккумуляторов:**

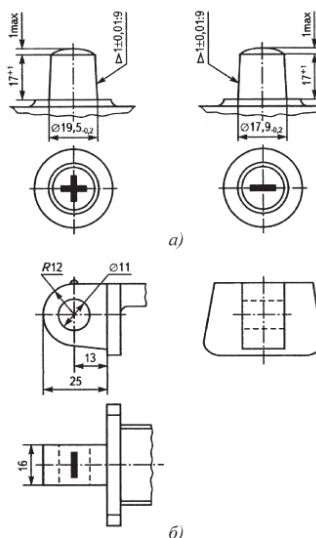
*1* – над крышкой; *2* – под крышкой; *3* – через перегородку в крышке. Это обеспечивает надежное уплотнение отверстий в местах вывода борнов. Укороченные межэлементные перемычки через перегородки полиэтиленовых моноблоков позволяют уменьшить внутреннее сопротивление батареи и расход свинцового сплава. Снижение падения напряжения на соединительных деталях позволяет иметь больше на 0,1–0,3 В напряжение на выводах батареи при ее работе в стартерном режиме. На рис. 2.9 приведена зависимость падения напряжения  $\Delta U$  в перемычке между аккумуляторами от силы разрядного тока  $I_p$  при различных способах соединения аккумуляторов.

Для уменьшения внутреннего падения напряжения в батареях 6СТ\_182, 6СТ\_190 и 3СТ\_215 борны и межэлементные перемычки выполнены в виде освинцованных вкладок из меди, имеющей в 12 раз большую электропроводность по сравнению со свинцово-сурьмянистыми сплавами. На рис. 2.10 показаны токоведущие детали с медными вставками.



**Рис. 2.10. Токоведущие детали с медными вставками:**

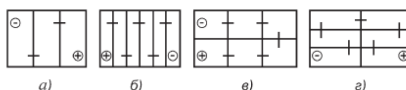
*а* – борн; *б* – межэлементная перемычка; 1 – медный стержень борна; 2 – свинцово-сурьмянистый сплав; 3 – медная планка межэлементной перемычки



**Рис. 2.11. Полюсные выводы стартерных батарей:**

*а* – конусные; *б* – с отверстиями под болт Поперечное сечение борнов и межэлементных перемычек батарей выбирается из условия, что падение напряжения на каждом из борнов составляет 16 мВ на межэлементных перемычках – 20 мВ при силе тока 3С20 А.

К борнам крайних аккумуляторов приваривают конусные полюсные выводы (рис. 2.11). Размеры выводов стандартизованы.

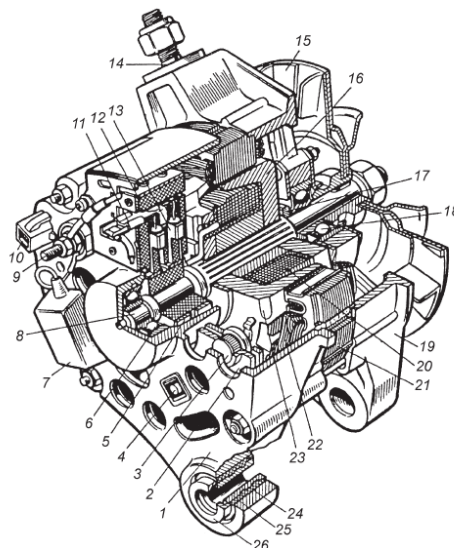


**Рис. 2.12. Схемы расположения аккумуляторов в отечественных батареях с номинальным напряжением: *а* – 6 В; *б, в, г* – 12 В**

Диаметр конуса у основания положительного вывода больше, чем у отрицательного (у зарубежных батарей размер выводов указывается по верхнему диаметру конуса: 17,4 и 15,8 мм соответственно для положительного и отрицательного выводов). Таким образом исключается вероятность неправильного подключения батареи в систему электрооборудования. Некоторые батареи имеют выводы меньших размеров с отверстиями под болты или винты. Необслуживаемые аккумуляторные батареи корпорация GNB выпускает с обоими типами выводов: конусными на крышке и боковыми с резьбовыми втулками. Это позволяет обеспечить подключение к батарее соединительных проводов с различными конструктивными исполнениями наконечников.

### 3.5. Автомобильные генераторы

В основном все автомобильные генераторы имеют щеточную конструкцию. На конструкцию генератора оказывает влияние наличие или отсутствие у него встроенного регулятора напряжения. В остальном у генераторов много общего – клювообразная магнитная система ротора с 12 полюсами, сосредоточенная обмотка возбуждения, статор с 18 пазами (на устаревших конструкциях) и 36 пазами (на современных конструкциях), медные кольца, подшипники закрытой конструкции, не требующие смазывания в течение всего срока службы, и т.д. На рис. 3.19 представлен генератор 37.3701 с электромагнитным возбуждением, полным выпрямлением мощности, дополнительным выпрямителем для электропитания обмотки возбуждения и встроенным интегральным регулятором 12 напряжения.



**Рис. 3.19. Генератор 37.3701:**

1 – крышка со стороны контактных колец; 2 – выпрямительный блок; 3 – диод выпрямительного блока; 4 – болт крепления выпрямительного блока; 5 – контактное кольцо; 6 – задний шарикоподшипник; 7 – конденсатор; 8 – вал ротора; 9 – вывод "30" генератора; 10 – вывод "61" генератора; 11 – вывод "В" регулятора напряжения; 12 – регулятор напряжения; 13 – щетка; 14 – шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15 – шкив с вентилятором; 16, 23 – полюсные наконечники ротора; 17 – дистанционная втулка; 18 – передний шарикоподшипник; 19 – крышка со стороны привода; 20 – обмотка возбуждения; 21 – статор; 22 – обмотка статора; 24 – буферная втулка; 25 – втулка; 26 – подвижная втулка

Генератор состоит из статора (якоря), индуктора (ротора), крышки 1 со стороны контактных колец 5, выпрямительного блока 2, щеткодержателя с интегральным регулятором 12 напряжения, крышки 19 со стороны привода, шкива с вентилятором.

Пакет (магнитопровода) статора набран из стальных листов толщиной 1 мм для уменьшения нагрева от вихревых токов. Листы сварены между собой по наружной поверхности в четырех местах в монолитную конструкцию. На внутренней поверхности пакета статора равномерно по окружности расположено 36 пазов трапецеидальной формы. Пазы заполнены обмоткой 22 статора. Катушки обмотки изолированы от стенок паза полиэтиленотерфталатной пленкой или пленкой электрокартона. Каждая фаза трехфазной обмотки статора состоит из трех непрерывно намотанных катушек. Витки катушки охватывают три зубца. Фазы соединены в двойную звезду с выведенной нулевой

точкой, т.е. фаза имеет две параллельные ветви. Каждая звезда расположена на половине расточки статора. Катушки выполнены из термостойкого обмоточного провода ПЭТ-200. В пазах катушки закреплены шнуром, забитым по особой схеме (в основном через два паза в третий). Статор в сборе пропитан электроизоляционным лаком.

Индуктор включает магнитную систему и обмотку 20 возбуждения. Два клювообразных полюсных наконечника 16 и 23, посаженные на вал 8, образуют 12\_полюсную магнитную систему.

Полюсные наконечники изготавливают методом холодной штамповки из полосовой стали толщиной 12 мм с последующей обработкой по наружному диаметру. Для снижения уровня магнитного шума часть наружной поверхности ротора имеет скосы на сбегающем крае.

Обмотка 20 возбуждения намотана на каркас и надета на втулку, расположенную между полюсными половинами. Сверху катушку обмотки возбуждения оклеивают специальной бумагой, которая образует внешнюю изоляцию. Выводы обмотки возбуждения припаяны к двум изолированным друг от друга и от вала медным контактными кольцам 5. Для снижения уровня вибрации генератора осуществляют статическую и динамическую балансировку ротора.

Пакет якоря закреплен в генераторе между двумя крышками 1 и 19, выполненными из алюминиевого сплава и стянутыми болтами. В крышке 19 со стороны привода (в передней крышке) между двумя стальными фланцами зажата наружная обойма шарикоподшипника 18. На наружном фланце над втулкой шкива имеется выступ, благодаря которому образуется своеобразный лабиринт, препятствующий попаданию пыли и грязи в подшипник.

В крышках установлены закрытые шарикоподшипники 6 и 18 с двухсторонним резиновым уплотнением и одноразовым смазочным материалом. Крышки имеют вентиляционные отверстия. В передней крышке 19 есть два резьбовых отверстия для съема крышки с вала, ушко для крепления генератора на двигателе и стальная шпилька 14.

Шпилька предназначена для закрепления планки натяжения приводного ремня. Посадка подшипника в крышке и на валу скользящая. В осевом направлении внутренняя и наружная обоймы подшипника строго зафиксированы.

Генератор также крепится к двигателю посредством ушка на крышке со стороны контактных колец (на задней крышке). Посадка заднего подшипника 6 на вал 8 плотная, а в гнездо крышки – скользящая. Посадочное место в крышке не армировано, но имеет канавку, в которой размещено резиновое кольцо, препятствующее проворачиванию наружной обоймы подшипника, перегреву подшипника, выработке гнезда и выходу подшипникового узла из строя. Подшипник вместе с валом в гнезде крышки может перемещаться в осевом направлении.

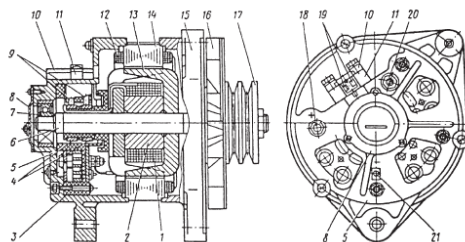
Со стороны контактных колец 5 на крышке 1 установлены интегральный регулятор 12 напряжения, объединенный в одну конструкцию с щеткодержателем, выпрямительный блок 2 с теплоотводами, помехоподавительный конденсатор 7 и все выводы генератора.

Генератор имеет три вывода: "30" – силовой положительный вывод 9 генератора в виде винта, закрепленного на положительном теплоотводе выпрямителя; "61" – вывод 10 дополнительного выпрямителя обмотки возбуждения; вывод "В" регулятора напряжения. Последние два вывода выполнены в виде штекеров. Для снижения уровня радиопомех, издаваемых генератором, на крышке со стороны контактных колец закреплен конденсатор 7, подключенный к выводу "30".

Выпрямительный блок 2 крепится к крышке 1 тремя изолированными от нее болтами. К этим же болтам подключены выводы трех обмоток фаз генератора. Блок содержит силовой и дополнительный выпрямители, диоды которого размещены в пластмассовой подковке. Щеткодержатель состоит из пластмассового корпуса, в котором находятся две прямоугольные щетки. Интегральный регулятор 12 напряжения является одновременно крышкой щеткодержателя.

Для охлаждения обмотки статора и катушки возбуждения, а также кремниевых диодов выпрямителя в генераторе предусмотрена протяжная вентиляция, осуществляемая при помощи вентилятора, связанного с приводным шкивом 15 генератора. Шкив 15 закрепляется на валу 8 с помощью шпонки и гайки. Детали вентилятора, штампованные из стального листа, сварены между собой и с втулкой шкива.

Другие типы вентильных щеточных генераторов с клювообразным ротором имеют конструкцию, аналогичную рассмотренной, отличаясь, в основном, размерами и конфигурацией отдельных деталей (рис. 3.20). Некоторое исключение составляют генераторы Г502А и 63.3701.



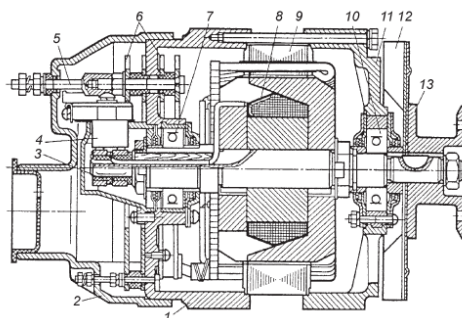
**Рис. 3.20. Генератор Г288Е:**

1 – обмотка возбуждения; 2 – втулка ротора; 3 – выпрямительный блок БПВ 7-100; 4 – контактные кольца; 5 – крышка со стороны контактных колец; 6 – вал ротора; 7 – подшипник; 8 – крышка подшипника; 9 – щетки с пружинами; 10 – крышка щеткодержателя; 11 – щеткодержатель; 12 – обмотка статора; 13 – полюсный наконечник; 14 – пакет железа статора; 15 – крышка со стороны привода; 16 – вентилятор; 17 – шкив; 18 – винт плюсового вывода; 19 – штекерный разъем "Ш"; 20 – вывод фазы; 21 – винт "массы"

Генератор 63.3701 для автомобилей большой грузоподъемности (рис. 3.21) повышенной выходной мощности крепится на подушке двигателя хомутом. Его привод осуществляется через муфту 13. Повышенная выходная мощность потребовала применения двух выпрямителей блоков 6 БПВ\_100, включенных параллельно. Один из них расположен во внутренней полости генератора, а другой вместе с щеточным узлом – снаружи. Такое расположение колец и щеток обладает существенным преимуществом, так как позволяет сократить длину задней крышки генератора, уменьшить наружный диаметр контактных колец и обеспечить надежную защиту щеточно-контактного узла от загрязнения.

Кожух 2 обеспечивает возможность подвода чистого воздуха для охлаждения генератора через патрубок. Вывод "+" генератора выполнен в виде специального контактного болта 5. Генератор имеет 72 паза и стержневую обмотку на статоре.

Генератор Г502А (рис. 3.22) встраивается внутрь вентиляционного устройства двигателя автомобиля. На его валу 8 установлен ротор



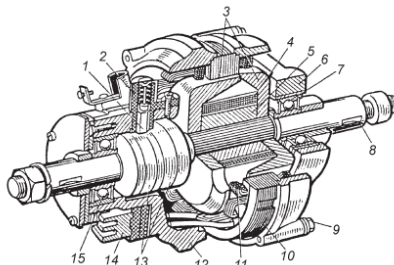
**Рис. 3.21. Генератор 63.3701:**

1, 11 – крышка; 2 – кожух; 3 – контактные кольца; 4 – щеткодержатель; 5 – болт вывода "+"; 6 – выпрямительные блоки; 7, 10 – подшипники; 8 – ротор; 9 – статор; 12 – вентилятор; 13 – муфта привода вентилятора двигателя.

Вал имеет два вылета – один для закрепления ротора вентилятора, другой для приводного шкива. Генератор крепится в вентиляционном устройстве на заднюю крышку. Поскольку генератор находится в потоке воздуха, охлаждающего двигатель, вентилятор отсутствует. Контактные кольца 13 и щеточный узел генератора Г502А, а также выпрямительный блок 14 ВБГ–2А генератора расположены вне его внутренней полости.

### 3.5.2. Бесконтактный генератор с укороченными полюсами

По конструктивному исполнению к щеточным генераторам близок бесконтактный генератор с укороченными полюсами (рис. 3.23). Генератор имеет магнитную систему с укороченными клювами полюсных половин 4. Обмотка возбуждения 3, расположенная между двумя полюсными половинами индуктора, помещена в алюминиевый каркас 2, закрепленный на статоре. Полюсные половины 4 и втулка 1 напрессованы на рифленный вал. Клювы полюсных половин ротора укорочены по оси генератора так, что между ними проходят элементы каркаса обмотки возбуждения.



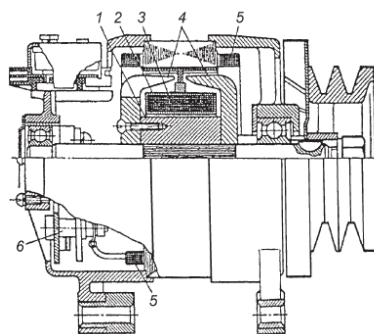
**Рис. 3.22. Генератор Г502А:**

1 – щетки; 2 – щеткодержатель; 3 – клювообразные полюсные половины ротора; 4 – обмотка возбуждения; 5 – втулка; 6, 12 – крышки; 7, 15 – подшипники; 8 – вал; 9 – стяжной болт; 10 – сердечник статора; 11 – обмотка статора; 13 – контактные кольца; 14 – выпрямительный блок

Одна полюсная половина крепится к втулке 1 винтами. Магнитный поток полюсов полюсных половин не меняет своего направления, что характерно для индукторных генераторов. Трехфазная обмотка 5 статора, соединенная звездой, размещена в равномерно распределенных по окружности 18 пазах.

### 3.5.3. Генераторы компактной конструкции

Генератор 94.3701 (рис. 3.24) компактной конструкции (компакт-генератор) – вентиляторный, трехфазный, со встроенным выпрямительным блоком 1 и электронным регулятором 7 напряжения, имеет два вентилятора, расположенных на роторе во внутренней полости генератора. Вентиляторы закреплены на лобовых частях полюсных половин ротора 16. Малые наружные диаметры вентиляторов позволяют увеличить частоту вращения ротора за счет увеличения передаточного числа привода с поликлиновидным ремнем.



**Рис. 3.23. Бесконтактный генератор с укороченными полюсами:**

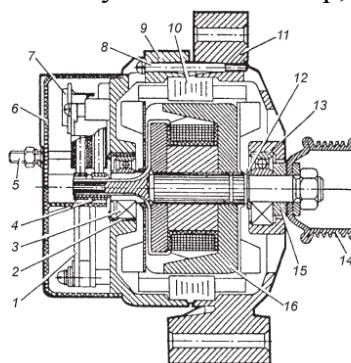
1 – втулка индуктора; 2 – алюминиевый каркас; 3 – обмотка возбуждения; 4 – клювообразные полюсные половины; 5 – обмотка статора; 6 – выпрямитель

Передаточное число привода повышено за счет уменьшения диаметра шкива 14. Воздух для охлаждения генератора протягивается через отверстия ажурных крышек 9 и 11 и лопатками вентилятора и подается на обмотки статора 10. Наружу воздух выходит через отверстия в цилиндрических поверхностях обеих крышек.

Статор 10 и крышки 9 и 11 стянуты четырьмя винтами. Вал ротора 16 вращается в подшипниках 3 и 13, установленных в крышках 9 и 11. Ток к обмотке возбуждения подводится через щетки и контактные кольца 4. Для снижения окружной скорости в точке касания



ния кольца с щеткой у генераторов компактной конструкции контактные кольца имеют меньший диаметр. Контактные кольца могут иметь диаметр, равный диаметру вала.



**Рис. 3.24. Генератор 94.3701 компактной конструкции:**

1 – выпрямительный блок; 2 – втулка подшипника; 3, 13 – задний и передний подшипники вала ротора; 4 – контактные кольца; 5 – вывод "В+" генератора; 6 – кожух; 7 – регулятор напряжения со щеткодержателем; 8 – стяжной винт; 9, 11 – задняя и передняя крышки; 10 – статор; 12 – дистанционное кольцо; 14 – шкив; 15 – шайба; 16 – ротор

Причем их располагают на консольной части вала. Контактные кольца 4, электронный регулятор 7 напряжения со щеткодержателем закрыты пластмассовым кожухом 6, защищающим их от грязи, пыли, влаги. Наружные обоймы подшипников прижаты тормозными кольцами, которые повышают ресурс подшипников. Генератор имеет три дополнительных диода, включенных в цепь обмотки возбуждения, и выпрямитель на силовых диодах со стабилитронным эффектом, что улучшает качество электроэнергии в бортовой сети и обеспечивает защиту электронных элементов регулятора напряжения от перенапряжений.

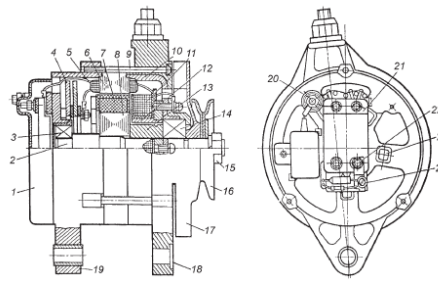
### **3.6. КОНСТРУКЦИЯ ВЕНТИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ИНДУКТОРНОГО ТИПА**

#### **3.6.1. Автомобильный индукторный генератор**

Ротор бесконтактного индукторного генератора 955.3701 (рис. 3.25) выполнен в виде шестилучевой стальной звездочки 8. В межлучевых промежутках звездочки ротора закреплены постоянные магниты, объединенные в единый узел 7 заливкой в алюминиевый каркас. Каркас закреплен на валу 2 ротора и опрессован пластмассой. В передней стальной крышке 10 располагается индуктор со втулкой 12, закрепленной фланцем на крышке. На втулке индуктора размещена обмотка 11 возбуждения, намотанная на каркас. Между втулкой 12 индуктора и втулкой 13 ротора есть воздушный зазор. На зубцах магнитопровода 6 статора размещена катушечная обмотка 5.

Подшипниковый щит 18 "с натяжным уходом" и лапой, расположение которых позволяет применять генератор на нескольких моделях автомобилей ВАЗ, надет на переднюю стальную крышку 10. Во внутренней полости задней крышки 19 из алюминиевого сплава установлены выпрямительный блок БПВ 62–100 и регулятор 21 напряжения Я112Б с подстроечным резистором. Выпрямитель 4 закреплен на крышке пятью изолированными болтами. Регулятор напряжения прикреплен к наружной поверхности задней крышки и закрыт пластмассовым кожухом 1. Там же под кожухом расположен помехоподавляющий конденсатор К\_73–21. Генератор, кроме основной обмотки возбуждения, имеет встречно включенную размагничивающую обмотку, расширяющую скоростной диапазон работы генератора.





**Рис. 3.25. Бесконтактный индукторный генератор 955.3701:**

1 – кожух; 2 – вал ротора; 3, 14 – шарикоподшипники; 4 – выпрямитель; 5 – обмотка статора; 6 – магнитопровод статора; 7 – узел постоянных магнитов; 8 – звездочка ротора; 9 – стяжные винты; 10 – передняя крышка; 11 – обмотка возбуждения; 12 – втулка индуктора; 13 – втулка ротора; 15 – гайка крепления шкива; 16 – шкив; 17 – вентилятор; 18 – подшипниковый щит; 19 – задняя крышка; 20 – вывод "+" ("30"); 21 – регулятор напряжения; 22 – гайки крепления регулятора напряжения; 23 – болт крепления выпрямителя; 24 – переключатель по сезонной регулировке регулятора напряжения

### **3.6.2. Тракторные индукторные генераторы**

Тракторный индукторный генератор 46.3701 (рис. 3.26) представляет собой вентиляционную бесконтактную трехфазную электрическую машину с односторонним электромагнитным возбуждением с подмагничиванием от постоянных магнитов и встроенными силовым и дополнительным выпрямителями. Силовой выпрямитель собран по трехфазной двухполупериодной схеме. Через дополнительный выпрямитель обеспечивается электропитание обмотки возбуждения катушки 13.

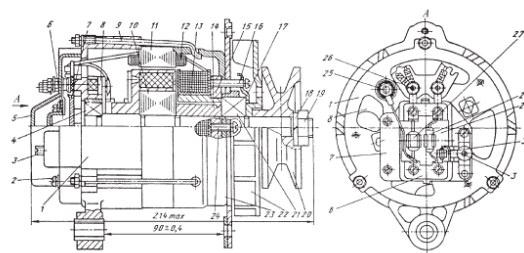
Ротор 10 состоит из вала 3 с пакетом железа и фланца, удерживающего постоянный магнит. Пакет железа ротора, имеющий форму шестилучевой звездочки, набран из листов электротехнической стали толщиной 1 мм. Предварительно намагниченный фланец с постоянными магнитами напрессовывают на вал и зачеканивают. Ротор вращается в подшипниках 4 и 21, не требующих добавления или замены смазочного материала в течение всего срока службы генератора. Подшипники размещены в передней 23 и задней 1 крышках.

Передняя крышка 23 имеет форму стакана с отверстием для подшипника. В крышке размещен индуктор, включающий фланцевую втулку 15 и катушку 13 обмотки возбуждения. Обмотка возбуждения намотана на пластмассовый каркас, надетый на втулку индуктора.

Один конец обмотки возбуждения гибким монтажным проводом выведен на вывод "Ш" интегрального регулятора 6 напряжения, а другой – на вывод "Д" генератора. Фланец втулки фиксируется в передней крышке и крепится в ней тремя винтами 24. Крышка 23 и втулка с фланцем выполнены из магнитомягкой стали, так как они являются частью магнитной системы генератора. Крышка одновременно является подшипниковым щитом.

К торцевой части передней крышки 23 приварен выступающий фланец с двумя лапами, одна из которых служит для регулирования натяжения ремня, а другая – для крепления генератора на двигателе. Расположенный в передней крышке подшипник 21 по наружной обойме жестко зажат фланцевой втулкой 15 и крышкой 17 подшипника, а по внутренней обойме – втулкой 14 ротора и ступицей вентилятора 22.

Задняя крышка 1, отлитая из алюминиевого сплава, также имеет лапу для крепления генератора к двигателю. На торцевой части крышки предусмотрены отверстия для прохода охлаждающего воздуха. С внутренней стороны на крышке закреплен выпрямительный блок 8. Вывод "+" дополнительного выпрямителя блока БПВ 23–50N



**Рис. 3.26. Тракторный индукторный генератор 46.3701:**

1 – задняя крышка; 2 – винт крепления пластмассового кожуха; 3 – переключатель посезонной регулировки; 4 – задний подшипник; 5 – пластмассовый кожух; 6 – интегральный регулятор напряжения; 7 – алюминиевый регулятор напряжения; 8 – полупроводниковый выпрямительный блок; 9 – стяжная шпилька; 10 – ротор; 11 – пакет (сердечник) статора; 12 – обмотка статора; 13 – катушка обмотки возбуждения; 14 – втулка ротора; 15 – фланцевая втулка; 16 – винт крепления крышки подшипника; 17 – крышка; 18 – разрезная шайба; 19 – гайка; 20 – шкив; 21 – передний подшипник; 22 – вентилятор; 23 – передняя крышка; 24 – винт крепления фланцевой втулки к передней крышке; 25 – вывод "+"; 26 – вывод "Д"; 27, 30 – резисторы; 28 – конденсатор; 29 – пластмассовая колодка гибким проводом соединен с выводом "Д" регулятора напряжения и выводом "Д" генератора.

Статор генератора состоит из пакета 11 пластин электротехнической стали и трехфазной обмотки. Фазы обмотки статора соединены в треугольник. Обмотка каждой фазы имеет три последовательно соединенных катушки. Пластины пакета с девятью полуоткрытыми трапециевидными пазами соединены между собой заклепками. Катушки в пазах закреплены клиньями и изолированы от пакета пазовой изоляцией из электротехнического картона. Интегральный регулятор 6 напряжения (Я112В), переключатель 3 посезонной регулировки с резисторами 30 и 27 для подпитки обмотки возбуждения от аккумуляторной батареи и конденсатор 28 объединены в интегральное регулирующее устройство, закрепленное с внешней торцевой стороны задней крышки на алюминиевом радиаторе-теплоотводе. Кожух 5 интегрального регулирующего устройства имеет множество отверстий для прохождения охлаждающего воздуха. Посезонная регулировка осуществляется замыканием накоротко резистора 30 переключателем 3.

Протяжную вентиляцию генератора обеспечивает вентилятор 22 с нечетным числом лопастей, расположенных с наклоном по отношению к направлению вращения.

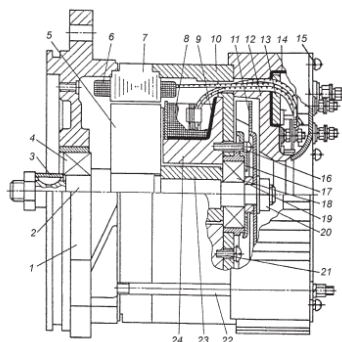
Тракторный индукторный генератор 11.3701 (рис. 3.27) мощностью 2 кВт и номинальным напряжением 28 В состоит из ротора, статора, индуктора, задней и передней крышек 10 и 1, выпрямительного блока с корпусом 12 и вентилятора с крыльчаткой 11. Генератор представляет собой бесконтактную пятифазную одноименно-полюсную закрытую электрическую машину с вентиляцией, охлаждающей только выпрямитель и заднюю крышку.

Шихтованный пакет 7 якоря имеет пятнадцать открытых пазов, в которые уложены катушки статорной обмотки, каждая фаза которой состоит из трех последовательно включенных катушек. Фазы обмотки соединены в пятиугольник. Ток от мест соединения фаз отводится гибкими монтажными проводами с наконечниками.

Вместе с валом 2 ротора вращается девятилучевая звездочка, набранная из пластин электротехнической стали, и втулка 23 из магнитомягкого материала. Число  $q$  пазов на полюс и фазу в генераторе 1/6.

Передняя крышка 1 (со стороны привода) выполнена из алюминиевого сплава. Посадочное место под подшипник 4 в крышке армировано стальной втулкой. Подшипник может перемещаться в осевом направлении, так как втулка 3 устанавливается только на время транспортирования генератора.

Задняя крышка 10 выполнена составной из полого цилиндра корпуса и фланца. Крышка 10 является частью магнитопровода. К толстостенному фланцу крышки 10 винтами 21 крепится фланцевая втулка 24, которая выполняет функцию магнитопровода индуктора. Неподвижная обмотка 8 возбуждения намотана на каркас 9, расположенный на фланцевой втулке 24.



**Рис. 3.27. Тракторный индукторный генератор 11.3701:**

1, 10 – крышки соответственно передняя и задняя; 2 – вал; 3 – втулка; 4 – подшипники; 5 – ферромагнитная звездочка; 6 – обмотка якоря; 7 – пакет якоря; 8 – обмотка возбуждения; 9 – каркас; 11 – крыльчатка вентилятора; 12 – корпус выпрямителя; 13 – положительный теплоотвод; 14 – прокладка; 15, 16 – винты крепления крышек соответственно выпрямителя и подшипника; 17 – крышка подшипника; 18 – подшипник; 19 – распорная шайба; 20 – гайка; 21 – винт крепления фланцевой втулки к задней крышке; 22 – стяжная шпилька; 23 – втулка ротора; 24 – фланцевая втулка индуктора

Начало и конец обмотки возбуждения монтажными проводами соединены с выводами "Ш1" и "Ш2". Установленный в задней крышке закрытый подшипник 18 в осевом направлении зафиксирован по наружной обойме втулкой 24 и крышкой 17 подшипника, а по внутренней обойме втулкой 23 и распорной шайбой 19.

Между крышкой 10 и корпусом выпрямителя установлен вентилятор с крыльчаткой 11 для охлаждения выпрямителя и обмотки возбуждения. Теплый воздух от обмотки возбуждения отводится через корпус 12 выпрямителя. Крышки 1 и 10 вентиляционных отверстий не имеют.

Оребренный корпус 12 и теплоотвод 13 выпрямительного блока, выполненные из алюминиевого сплава, содержат по пять запрессованных в них диодов соответственно обратной и прямой полярности.

Жесткость конструкции генератора обеспечивается шпильками 22, которые стягивают между собой переднюю 1 и заднюю 10 крышки, узел статора и корпус 12 выпрямителя.

Муфта привода генератора насаживается на консольную часть вала 2. Втулка 3 предохраняет посадочное место муфты от повреждений при транспортировании генератора.

Внутренняя и внешняя цилиндрические посадочные поверхности передней крышки 1 служат для фланцевого крепления генератора на двигателе. Крепление осуществляется тремя болтами, проходящими через отверстия в крышке.

**3.7.** В основном все генераторы приводятся во вращение клиновидными зубчатыми или поликлиновидными ремнями. Роторы генераторов Г263А и 63.3701 автомобилей БелАЗ приводятся во вращение через резиновые демпфирующие муфты. Важным параметром, влияющим на работу генератора, является передаточное число привода между валами двигателя и генератора. Для электроснабжения потребителей передаточное число должно быть как можно большим. Однако с ростом передаточного числа снижается срок службы ремней, поэтому реальные передаточные числа являются результатом компромисса между этими двумя требованиями, т.е. 1,35–2,41.

В соответствии с их размерами генераторы разделены на пять групп. Генераторы первой – четвертой групп крепятся к двигателю на лапах. Генераторы пятой группы крепятся на подушке хомутом.

### **2.1.3 Результаты и выводы:**

Изучены конструкции аккумуляторов и генераторов, их маркировка и особенности конструкций.

Приведенный материал позволил узнать о разнообразии конструкций аккумуляторов и генераторов.

## 2.2 Практическое занятие №2 (2 часа).

**Тема:** «Изучить устройство реле-регуляторов и их маркировку»

### 2.2.1 Задание для работы:

1. Изучить контактные реле-регуляторы.
2. Изучить контактно-транзисторные реле-регуляторы
3. Изучить интегральные реле-регуляторы.

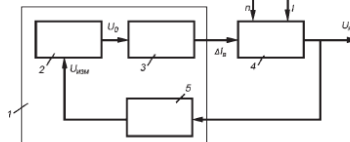
### 2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

Напряжение  $U_d$  на выходе вентильного генератора регулируется изменением силы тока возбуждения. Обмотка возбуждения получает питание через регулятор напряжения от двухполупериодного силового выпрямителя или подключается к дополнительному выпрямителю.

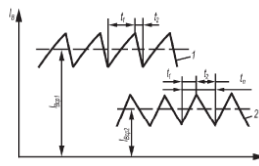
Регулятор напряжения 1 (рис. 3.29) генератора 4 содержит элементы: сравнения 2, регулирующий 3 и измерительный 5. Измерительный элемент 5 преобразует напряжение генератора в сигнал  $U_{изм}$ , который в элементе 2 сравнивается с заданным значением. При наличии разности указанных напряжений на вход регулирующего элемента 3 поступает сигнал  $U_0$ , который изменяет силу тока возбуждения на величину  $I_b$  до тех пор, пока напряжение генератора не будет равно заданному.

На автомобилях применяют регуляторы напряжения дискретного действия. Как только напряжение генератора превышает заданный уровень, регулятор напряжения размыкает цепь электроснабжения обмотки возбуждения и вводит в эту цепь дополнительный резистор.

В результате сила тока возбуждения и напряжение генератора начинают уменьшаться (рис. 3.30). При определенном нижнем уровне напряжения регулятор вновь замыкает цепь питания обмотки возбуждения, и напряжение генератора повышается.



**Рис. 3.29. Схема регулирования напряжения генератора**



**Рис. 3.30. Кривые изменения силы тока возбуждения  $I_b$  генератора во времени  $t$  при различных частотах вращения ротора:**

1, 2 – соответственно при большей  $n_{р1}$  и меньшей  $n_{р2}$  частоте вращения ротора

Далее процессы переключения периодически повторяются. Частота регулируемого напряжения должна быть выше 25–30 Гц, чтобы пульсации напряжения не вызывали заметных для глаз колебаний стрелок контрольно-измерительных приборов и мигания света ламп приборов освещения и световой сигнализации. При заметном пульсировании силы тока  $I_b$  возбуждения и напряжения  $U_n$  генератора их средние значения  $I_{бср}$  и  $U_{нср}$  для заданных значений частот вращения ротора и силы тока нагрузки остаются постоянными.

С увеличением частоты вращения ротора генератора ( $n_{р2} > n_{р1}$ ) относительное время  $t_1$  включения цепи питания обмотки возбуждения в течение периода  $t_p$  уменьшается, а время  $t_2$  отключения обмотки возбуждения от источника электроэнергии – увеличивается, поэтому среднее значение силы тока  $I_{бср}$  возбуждения, при котором стабилизируется на-

пряжение, будет меньше ( $I_{вр2} < I_{вр1}$ ). С увеличением силы тока нагрузки генератора относительное время разомкнутого состояния цепи электроснабжения обмотки возбуждения уменьшается.

Включение и отключение обмоток возбуждения в электронных регуляторах обычно осуществляется выходным транзистором, соединенным последовательно с обмоткой возбуждения.

### 3.10. ВИБРАЦИОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Схема вибрационного регулятора РР380 автомобилей приведена на рис. 3.31. В вибрационном регуляторе напряжения эталонной величиной является сила натяжения пружины, отжимающей якорь реле от его сердечника. Измерительный элемент регулятора – обмотка  $KV$  на сердечнике магнитопровода, которая воспринимает напряжение генератора. У регулятора РР380 имеются две пары контактов (размыкающие  $KV :1$  и замыкающие  $KV :2$ ), с помощью которых осуществляется двухступенчатое регулирование.

При замыкании контактов выключателя зажигания обмотка возбуждения через размыкающие контакты  $KV :1$  регулятора снабжается электроэнергией от аккумуляторной батареи, в результате чего обеспечивается возбуждение генератора.

После пуска двигателя частота вращения вала генератора увеличивается, напряжение возрастает. Соответственно возрастает сила тока в обмотке регулятора напряжения, магнитный поток в магнитопроводе и сила, с которой якорь электромагнита притягивается к сердечнику. Контакты  $KV :1$  размыкаются, когда сила притяжения якоря к сердечнику превысит препятствующую этому силу натяжения пружины.

При размыкании контактов  $KV :1$  в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор  $RД$ , сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. Когда напряжение становится ниже регулируемого, пружина возвращает якорь в исходное положение, контакты  $KV :1$  вновь замыкаются и шунтируют резистор  $RД$ , сила тока в обмотке возбуждения возрастает, напряжение повышается. Далее процесс повторяется.

Начиная с определенной частоты вращения ротора, напряжение на выводах генератора возрастает настолько, что под действием силы притяжения якоря к сердечнику замыкаются контакты  $KV :2$ . Обмотка возбуждения замыкается на массу. Сила тока возбуждения и напряжение уменьшаются, пружина размыкает контакты  $KV :2$ , и обмотка возбуждения вновь оказывается включенной в цепь питания, что приводит к повышению напряжения генератора.

Резистор  $R_{тк}$ , включенный последовательно в цепь обмотки электромагнита регулятора, осуществляет его температурную компенсацию, т.е. снижает зависимость регулируемого напряжения от температуры. Резистор  $R_{тк}$  изготовлен из провода, сопротивление которого мало изменяется с изменением температуры.

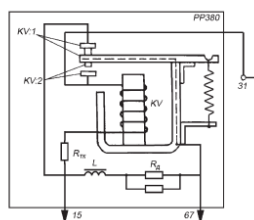


Рис. 3.31. Схема вибрационного регулятора напряжения РР380

### 3.11. КОНТАКТНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Основное преимущество контактно-транзисторных регуляторов перед вибрационными – больший срок службы контактных пар. В контактно-транзисторных регуляторах ток возбуждения проходит через силовой транзистор. Функция контактной пары электромагнитного реле сводится к коммутированию тока управления транзистором небольшой силы, который работает в режиме ключа. Контакты электромагнита включены в цепь базы транзистора и выполняют функции органа управления. Чувствительным элементом регулятора напряжения является обмотка электромагнита, находящаяся под напряжением генератора.

При напряжении генератора, меньшем регулируемого, контакты замкнуты, а благодаря наличию тока базы транзистор открыт. Сопротивление цепи возбуждения определяет только сопротивление самой обмотки возбуждения. С увеличением частоты вращения ротора напряжение генератора возрастает. При напряжении генератора, большем регулируемого, электромагнит преодолевает сопротивление пружины и контакты замыкаются, шунтируя переход эмиттер–база транзистора. Транзистор запирается, а сопротивление цепи возбуждения увеличивается, так как ток возбуждения должен проходить через добавочный резистор.

Уменьшение силы тока возбуждения вызывает уменьшение магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Это, в свою очередь, приводит к ослаблению усилия электромагнита, и в какой-то момент контакты разомкнутся. Данный процесс периодически повторяется. Напряжение генератора колеблется около заданного регулируемого напряжения.

Примером контактно-транзисторного регулятора напряжения может служить реле-регулятор РР362 (рис. 3.32). Функцию регулирующего устройства реле выполняет транзистор  $VT$ , который через диод  $VD1$  включен в цепь возбуждения. Управление транзистором осуществляет электромагнитное реле с двумя парами контактов  $KV :1$  и  $KV :2$ . Реле имеет одну основную обмотку  $KV$  управления и включено по схеме с ускоряющим и выравнивающим резисторами. Функции выравнивающего резистора выполняет диод  $VD1$ , который одновременно обеспечивает надежный перевод транзистора в состояние отсечки. Необходимая степень насыщения транзистора обеспечивается подбором сопротивления резистора  $Rб$ , по которому протекает ток базы. При включении выключателя зажигания в цепи эмиттер–база транзистора через диод смещения  $VD1$  и резистора в цепи базы  $Rб$  начинает протекать ток от аккумуляторной батареи. Транзистор  $VT$  открывается и к источнику электроснабжения через диод  $VD1$  и переход эмиттер–коллектор транзистора подключается обмотка возбуждения.

Напряжение генератора подводится к обмотке  $KV$  через диод  $VD1$ , ускоряющий резистор  $Rу$  и резистор термокомпенсации  $R_{тк}$ . При повышении частоты вращения ротора генератора напряжение возрастает.

Контакты  $KV :1$  замыкаются. Переход эмиттер–база оказывается смещенным в обратном направлении (потенциал эмиттера ниже потенциала базы на величину падения напряжения на диоде  $VD1$ ). Обратное смещение этого перехода прерывает протекание тока в цепи базы транзистора и переводит его в состояние отсечки. Ток в обмотку возбуждения поступает через ускоряющий  $Rу$  и добавочный  $Rд$  резисторы, что приводит к снижению силы тока и напряжения генератора.

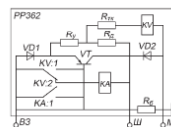
Уменьшение напряжения вызывает размыкание контактов  $KV :1$  и отпирание транзистора  $VT$ . Обмотка возбуждения снова подключается к источнику электроснабжения через открытый транзистор  $VT$ .

Сила тока возбуждения и напряжение генератора возрастают. Далее процесс периодически повторяется.

Обмотка возбуждения генератора шунтирована диодом  $VD2$ , чтобы исключить перенапряжения на транзисторе  $VT$ , возникающие при коммутации цепи возбуждения.

Ускоряющий резистор  $Rу$  является элементом жесткой обратной связи. Когда транзистор  $VT$  находится в состоянии насыщения, через резистор  $Rу$  протекает ток обмотки электромагнитного реле  $KV$ . При закрытом транзисторе сила этого тока складывается с силой тока обмотки возбуждения. Следовательно, при переходе транзистора в состояние отсечки падение напряжения на резисторе  $Rу$  резко возрастает, что приводит к скачкообразному изменению напряжения на обмотке  $KV$  электромагнита. Время разомкнутого состояния контактов  $KV :1$  сокращается и, как следствие, повышается частота их вибрации и уменьшается амплитуда колебаний регулируемого напряжения.





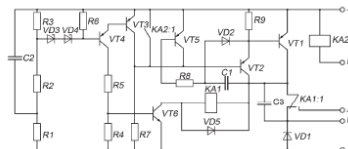
**Рис. 3.32. Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения PP362**

Полупроводниковые элементы регуляторов напряжения должны быть защищены от токовых перегрузок и опасных импульсов напряжения. Перегрузки могут возникнуть при замыкании выводов генераторной установки между собой или на массу, а также при обрыве монтажных проводов. В регуляторе напряжения PP362 предусмотрена защита транзистора от перегрузки при замыкании вывода "Ш" на массу, когда обмотка возбуждения оказывается замкнутой накоротко. В этом случае к переходу эмиттер–коллектор транзистора *VT* подводится полное напряжение генератора и транзистор может выйти из строя вследствие теплового пробоя.

При исправном состоянии генераторной установки обмотка реле *KA* защиты или отсоединена от цепи электроснабжения, когда контакты *KV :2* разомкнуты, или подключена к этой цепи через обмотку возбуждения. В первом случае ток в обмотке реле *KA* отсутствует. Во втором случае из-за наличия сопротивления обмотки возбуждения сила тока в цепи электроснабжения обмотки реле защиты *KA* будет недостаточна для его срабатывания (замыкания контактов *KA :1*).

При замыкании накоротко обмотки возбуждения напряжение на выводах генератора и обмотки реле *KV* уменьшается, что приводит к замыканию контактов *KV :2*. Обмотка *KA* реле защиты подключается непосредственно к источнику электроснабжения, минуя замкнутую накоротко обмотку возбуждения генератора. Сила тока в обмотке реле *KA* возрастает, реле срабатывает, контакты *KA :1* замыкаются, что приводит к переходу транзистора *VT* в режим отсечки и прекращению протекания через его эмиттер–коллекторный переход токов большой силы.

В контактно-транзисторном регуляторе напряжения 21.3702 (рис. 3.33) коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляет транзистор *VT1*, управляемый реле *KA2* с контактами *KA2 :1*.



**Рис. 3.33. Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения 21.3702**

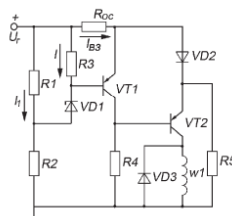
При превышении уровня настройки регулятора контакты *KA2 :1* замыкаются. Транзистор *VT1* переходит в режим отсечки и прерывает ток в обмотке возбуждения. При снижении уровня напряжения генератора до уровня напряжения возврата контакты *KA2 :1* размыкаются, транзисторы переходят в режим насыщения и ток снова поступает в обмотку возбуждения. Далее процесс повторяется. При выходе транзистора *VT1* из строя электромагнитное реле с обмоткой *KA1* и контактами *KA1 :1* обеспечивает регулирование напряжения генератора по вибрационному принципу.

### **3.12. БЕСКОНТАКТНЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ**

#### **3.12.1. Регулятор напряжения с эмиттерной обратной связью**

Основу бесконтактных транзисторных регуляторов напряжения составляют транзисторные реле с эмиттерной и коллекторной обратной связью.

Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обратной связью приведена на рис. 3.34. Измерительным органом регулятора является цепь *R1–R2–R3–VD1*, регулирующим устройством – транзисторное реле с эмиттерной обратной связью (транзисторы *VT1*, *VT2*, диод *VD2*, резисторы *R3*, *R4* и резистор обратной связи *Ro.c*). Нагружено транзисторное реле обмоткой *w1* возбуждения генератора, шунтированной гасящим диодом *VD3*.



**Рис. 3.34. Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обработкой связью ( $U_g$  – напряжение генератора)**

При напряжении на резисторе  $R1$ , меньшем порогового напряжения стабилитрона  $VD1$ , сила тока, протекающего по цепи  $R3$ – $VD1$ , практически равна нулю. Напряжение приложено к эмиттерному переходу транзистора  $VT1$  в обратном направлении. Поэтому транзистор  $VT1$  находится в состоянии отсечки. Напряжение на его переходе эмиттер–коллектор практически равно напряжению генератора и приложено к эмиттерному переходу транзистора  $VT2$  в прямом направлении. Транзистор  $VT2$  находится в состоянии насыщения. Степень насыщения зависит от сопротивления резистора  $R4$ .

Поскольку сопротивление резистора  $R0.c$  и падение напряжения на диоде  $VD2$  невелики, то можно считать, что к обмотке возбуждения подается практически полное напряжение генератора, что обеспечивает необходимое самовозбуждение и увеличение напряжения генератора.

При напряжении генератора, равном напряжению срабатывания транзисторного реле, в цепи  $R3$ – $VD1$  возникает сила тока стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора  $VT1$  достигает порогового значения, и транзистор переходит из состояния отсечки в состояние насыщения, шунтируя переход эмиттер–база транзистора  $VT2$ . Транзистор  $VT2$  закрывается, сила тока возбуждения уменьшается (сила тока определяется ЭДС самоиндукции, индуцируемой в обмотке возбуждения), что приводит к уменьшению создаваемого обмоткой возбуждения магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Уменьшение силы тока возбуждения вызывает скачкообразное повышение входного напряжения на транзисторе  $VT1$  и более быстрое переключение его из состояния отсечки в состояние насыщения. Необходимое смещение эмиттерного перехода транзистора  $VT2$  при его переключении в состояние отсечки обеспечивается подбором параметров цепи  $VD2$ – $R5$ . Как только напряжение генератора достигает напряжения возврата транзисторного реле, стабилитрон  $VD1$  закрывается, транзистор  $VT1$  переходит в состояние отсечки, а транзистор  $VT2$  – из состояния отсечки в состояние насыщения, что обуславливает повышение силы тока возбуждения и напряжения генератора. Релейный эффект в регуляторе достигается посредством резистора  $R0.c$ , обеспечивающего положительную обратную связь.

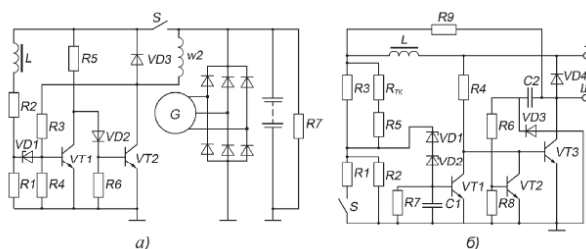
### **3.12.2. Регуляторы напряжения с коллекторной обратной связью**

Регулятор напряжения с коллекторной обратной связью, схема которого приведена на рис. 3.35, *а*, содержит фильтр, функции которого выполняет катушка индуктивности  $L$ , измерительное устройство с резисторами  $R1$ ,  $R2$ ,  $R4$  и стабилитроном  $VD1$  и регулирующее устройство – транзисторное реле, содержащее транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$ , диод  $VD2$ , и резисторы  $R5$ ,  $R6$  и  $R3$ . Напряжение генератора регулируется по среднему выпрямленному напряжению  $U_d$ .

В регуляторе напряжения используются кремниевые транзисторы  $n$ – $p$ – $n$  типа. Так как кремниевые транзисторы имеют сравнительно высокое пороговое напряжение, то нет необходимости создавать отрицательное смещение на их эмиттерных переходах. Коллекторная обратная связь осуществляется через резистор  $R3$ , включенный между коллектором транзистора  $VT2$  и базой транзистора  $VT1$ . При напряжении  $U_d$ , равном напряжению срабатывания реле, по цепи  $VD1$ – $R4$  протекает ток стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора  $VT1$  достигает порогового значения. Транзистор  $VT1$  начинает переключаться из состояния отсечки в состояние насыщения. Транзистор  $VT2$  переходит в состояние отсечки. При этом потенциал коллектора  $VT2$  возрастает, сила

тока в цепи  $R3-R4$  увеличивается, что приводит к скачкообразному повышению напряжения на эмиттерном переходе транзистора  $VT1$  и резкому переключению его в состояние насыщения. Напряжение на переходе эмиттер–коллектор транзистора  $VT1$  также скачкообразно уменьшается. Диод  $VD2$  надежно обеспечивает переход транзистора  $VT2$  в состояние отсечки.

При напряжении  $U_d$ , равном напряжению возврата, стабилитрон  $VD1$  и транзистор  $VT1$  закрываются. Потенциал коллектора транзистора  $VT2$  и сила тока обратной связи уменьшаются, что приводит к скачкообразному снижению напряжения на эмиттерном переходе транзистора  $VT1$  и резкому переключению его из состояния насыщения в состояние отсечки.



**Рис. 3.35. Схемы транзисторных регуляторов с коллекторной обратной связью**

В схеме регулятора напряжения, приведенной на рис. 3.35, б, предусмотрена защита от коротких замыканий в обмотке возбуждения.

Так как регулятор предназначен для работы в генераторной установке напряжением 28 В, в нем установлены два стабилитрона  $VD1$  и  $VD2$ . Для обеспечения стабильности регулируемого напряжения с изменением температуры в делителе напряжения предусмотрен резистор  $R_{тк}$ . Кроме того, в регулятор напряжения входит переключатель  $S$  (зима–лето) для изменения уровня регулируемого напряжения. Защиту регулятора напряжения от коротких замыканий обмотки возбуждения обеспечивают транзистор  $VT2$ , цепочка  $C2-R6-R8$  и диод  $VD3$ .

При замыкании накоротко обмотки возбуждения транзистор  $VT3$  переключается в активное состояние. В этом режиме на транзисторе выделяется большая мощность и резко повышается его температура, что ведет к тепловому пробоем переходов и отказу регулятора напряжения. Защита необходима, чтобы уменьшить время нахождения транзистора  $VT3$  в активном состоянии.

Как только возникает короткое замыкание обмотки возбуждения, происходит заряд конденсатора  $C2$  по цепи "+" генератора – вывод "III" –  $C2-R6-R8$  – масса. Напряжение на резисторе  $R8$  становится достаточным, чтобы переключить транзистор  $VT2$  в состояние насыщения, а транзистор  $VT3$  в состояние отсечки. Транзистор  $VT2$  будет находиться в состоянии насыщения до тех пор, пока напряжение на резисторе  $R8$  не станет равным пороговому напряжению.

По истечении времени насыщения транзистор  $VT2$  переключается в состояние отсечки, а транзистор  $VT3$  переходит в активное состояние.

Конденсатор  $C2$  начнет разряжаться по цепи  $VT3-VD3$ . После разряда конденсатор  $C2$  вновь заряжается, и транзистор  $VT2$  переходит в состояние насыщения, а транзистор  $VT3$  – в активное состояние. В результате время нахождения транзистора  $VT3$  в активном состоянии резко уменьшается и, соответственно, уменьшается мощность рассеяния транзистора.

### 3.12.3. Регуляторы напряжения с составным транзистором

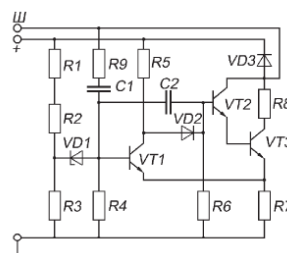
Составные транзисторы применяют для повышения коэффициента усиления по току и входного сопротивления. Эмиттером составного транзистора  $VT2-VT3$  в схеме регулятора (рис. 3.36) является эмиттер транзистора  $VT3$ , а базой – база транзистора  $VT2$ . Коллекторы обоих транзисторов соединены между собой. Два транзистора, включенные по

схеме составного транзистора (схема Дарлингтона), могут рассматриваться как один с большим коэффициентом усиления.

Применение составного транзистора позволяет снизить силу его базового тока, а следовательно, исключить применение в цепи базы резистора с большим сопротивлением и снизить рассеиваемую мощность в регуляторе, что способствует уменьшению его размеров. Регулятор имеет жесткую эмиттерную обратную связь через резистор  $R7$  и гибкую коллекторную по цепи  $R9-C1$ . Конденсатор  $C2$  выполняет функции фильтра. Применение гибкой обратной связи ускоряет процессы переключения транзисторов. Если составной транзистор находится в состоянии насыщения, ток в цепи  $R9-C1-R4$  отсутствует. При переходе составного транзистора в состояние отсечки потенциал его коллектора резко возрастает. В цепи  $R9-C1-R4$  – эмиттерный переход транзистора  $VT1$  возникает импульс тока, ускоряющий процесс переключения транзисторов  $VT1$  и  $VT3$ . При переключении транзистора  $VT3$  из состояния отсечки в состояние насыщения конденсатор  $C1$  разряжается по цепи  $R9-VT3-VT1$ , создавая импульсы обратной полярности в эмиттерном переходе транзистора  $VT1$ . Процесс переключения транзистора  $VT1$  из состояния насыщения в состояние отсечки ускоряется. По рассмотренной принципиальной схеме выполнены регуляторы Я112 и Я120 и их модификации.

#### 3.12.4. Регулятор напряжения с каскадным соединением транзисторов

Применение составного транзистора в регуляторе напряжения приводит к повышению частоты вращения ротора начала отдачи генератора, так как падение напряжения на составном транзисторе больше, чем на обычном транзисторе.



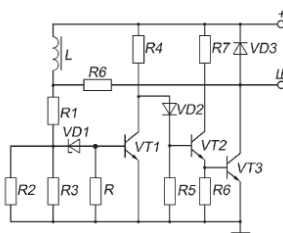
**Рис. 3.36. Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с составным транзистором**

Для снижения частоты вращения ротора в регуляторах напряжения применяют каскадное соединение транзисторов. В отличие от бесконтактно-транзисторного регулятора (см. рис. 3.34) напряжения с эмиттерной обратной связью бесконтактный регулятор (рис. 3.37) напряжения с каскадным соединением транзисторов содержит дополнительный каскад усиления на транзисторе  $VT2$ . При напряжении  $U_d$ , меньшем напряжения срабатывания регулятора, транзистор  $VT1$  находится в состоянии отсечки, а транзисторы  $VT2$  и  $VT3$  – в состоянии насыщения. При достижении  $U_d$  значения напряжения срабатывания транзистор  $VT1$  переходит в состояние насыщения, а транзисторы  $VT2$  и  $VT3$  – в состояние отсечки. Коллекторная обратная связь в регуляторе напряжения осуществляется с помощью резистора  $R6$ .

#### 3.12.5. Схемы автотракторных транзисторных регуляторов напряжения

В регуляторе напряжения 201.3702 (рис. 3.38) резисторы  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  и  $R4$  образуют измерительный элемент регулятора. Резистором  $R1$  в делителе напряжения обеспечивается настройка регулятора. Элементом сравнения является стабилитрон  $VD1$ . Стабилитрон расположен не в базовой, а в эмиттерной цепи входного транзистора  $VT1$ . Так как транзистор  $VT1$  открывается током перехода эмиттер–база, то перенос стабилитрона из базовой области в эмиттерную на принцип работы регулятора влияния не оказывает. Однако, поскольку сила тока в эмиттерной цепи больше, чем в базовой, этот перенос способствует более стабильной работе регулятора напряжения по уровню поддерживаемого им напряжения.

Регулирующим элементом является часть схемы на транзисторах  $VT1$ ,  $VT3$ ,  $VT4$  и  $VT5$ . Транзисторы  $VT4$  и  $VT5$  включены по схеме составного транзистора.



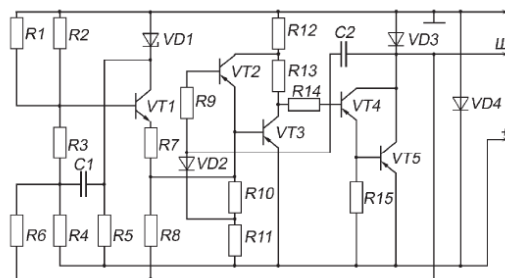
**Рис. 3.37. Схема бесконтактного регулятора напряжения с каскадным соединением транзисторов**

Когда транзистор  $VT1$  в состоянии насыщения, транзистор  $VT3$  находится в том же состоянии, так как ток его базы протекает через переход эмиттер–коллектор  $VT1$ . Составной транзистор  $VT4$ ,  $VT5$  закрыт, так как его переход эмиттер–база шунтирован переходом эмиттер–коллектор транзистора  $VT3$ . Если транзистор  $VT1$  закрыт, что возможно при низком напряжении на выводах генератора, когда ток через стабилитрон  $VD1$  не протекает, то закрыт транзистор  $VT3$  и открыт составной транзистор  $VT4$ ,  $VT5$ .

Жесткая обратная связь осуществляется резистором  $R6$ . При переходе составного транзистора  $VT4$ ,  $VT5$  в открытое состояние резистор  $R6$  подключается параллельно резистору  $R4$  входного делителя напряжения. Это приводит к скачкообразному повышению напряжения на стабилитроне  $VD1$ , ускоренному его отпирианию и отпирианию транзисторов  $VT4$ ,  $VT5$ . При запириании составного транзистора резистор  $R6$  отключается от резистора  $R4$ , что способствует скачкообразному уменьшению напряжения на стабилитроне  $VD1$  и его ускоренному запирианию. Следовательно, резистор  $R6$  жесткой обратной связи повышает частоту переключения регулятора напряжения.

Конденсатор  $C1$  осуществляет фильтрацию пульсаций входного напряжения и исключает их влияние на работу регулятора напряжения.

При нормальном режиме работы регулятора напряжения транзистор  $VT2$  обеспечивает форсированный переход транзисторов  $VT3$ ,  $VT4$  и  $VT5$  из состояния отсечки в состояние насыщения и обратно. В результате снижаются потери мощности при переключении. В данном случае транзистор  $VT2$  вместе с конденсатором  $C2$  и резистором  $R9$  осуществляют гибкую обратную связь в регуляторе.



**Рис. 3.38. Схема регулятора напряжения 201.3702**

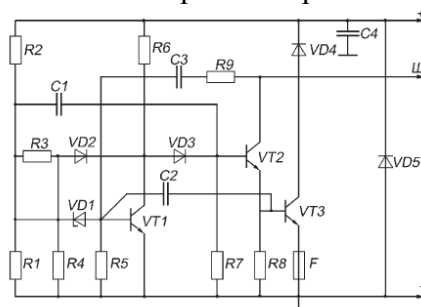
В аварийном режиме схема на транзисторе  $VT2$  защищает составной транзистор  $VT4$ ,  $VT5$  от перегрузки. Средняя сила тока, проходящего через выходной транзистор, который переходит в автоколебательный режим работы, невелика и не может вывести его из строя.

Диод  $VD3$  является гасящим диодом. Диод  $VD4$  защищает регулятор от импульсов напряжения обратной полярности. Остальные элементы обеспечивают нужный режим работы полупроводниковых элементов схемы.

Измерительное устройство регулятора 13.3702 напряжения (рис. 3.39) (делитель на резисторах  $R1$  и  $R2$ ) соединено с элементом сравнения – стабилитроном  $VD1$ . Электронное реле регулятора собрано на транзисторах  $VT1$ ,  $VT2$  и  $VT3$ . Силовым транзистором в выходной цепи регулятора является составной транзистор  $VT2$ ,  $VT3$ . Обмотка возбуждения в генераторе соединена с выводом "+".



Цепь жесткой обратной связи состоит из резисторов  $R3$ ,  $R4$  и диода  $VD2$ . При закрытом транзисторе  $VT1$  одно из плеч делителя напряжения образуется параллельно включенными резистором  $R1$  (подстроечный) и последовательно соединенными между собой резисторами  $R3$  и  $R4$ . При переходе в состояние насыщения транзистор  $VT1$  совместно с диодом  $VD2$  шунтирует резистор  $R4$ . Напряжение на стабилитроне резко уменьшается, что приводит к ускоренному переключению транзистора в состояние отсечки.

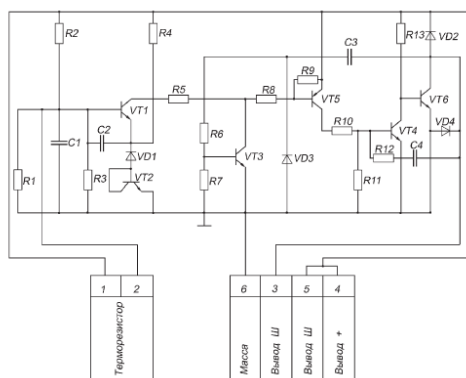


**Рис. 3.39. Схема регулятора напряжения 13.3702**

Таким образом, цепь жесткой обратной связи повышает частоту переключения регулятора напряжения. Конденсаторы  $C1$  и  $C2$  снижают влияние электромагнитных помех и пульсаций выпрямленного напряжения на работу регулятора напряжения, а также предотвращает возможность его самовозбуждения при высокой частоте.

Конденсатор  $C4$  отфильтровывает высокочастотные импульсы на входе в регулятор. В регуляторе предусмотрены два элемента защиты. От токовых перегрузок выходной транзистор защищен предохранителем  $F$ , а от импульсов напряжения обратной полярности – диодом  $VD5$ .

Регулятор напряжения 4202.3702 (рис. 3.40) на автомобиле ЗИЛ-53014 "Бычок" автоматически изменяет уровень регулируемого напряжения в зависимости от температуры электролита аккумуляторной батареи с помощью терморезистора, помещенного в электролит и включенного параллельно плечу  $R1$ ,  $R3$  делителя напряжения.



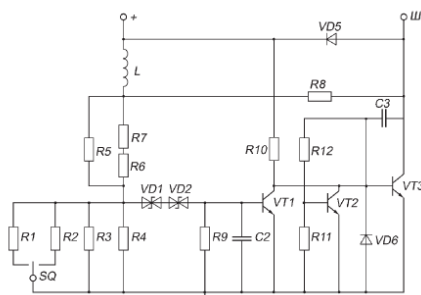
**Рис. 3.40. Схема регулятора напряжения 4202.3702**

Регулятор напряжения 23.3702 (рис. 3.41) в схемах генераторных установок автобусов с дизелями и трактора К701М поддерживает напряжение 28 В и имеет переключатель  $SQ$ , обеспечивающий установку трех уровней регулируемого напряжения. Транзисторы  $VT1$  и  $VT3$  образуют электронное реле, управляющее током в обмотке возбуждения генератора. Транзистор  $VT2$  вместе с цепью  $C3$ – $R12$  обеспечивает гибкую обратную связь и защиту схемы от замыканий в цепи обмотки возбуждения.

### 3.13. ТИРИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ

Управлять тиристором в тиристорных регуляторах напряжения можно путем регулирования угла включения (с естественной коммутацией) или относительной длительности включения (с искусственной коммутацией).

Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией приведена на рис. 3.42. Функции регулирующего органа в регуляторе выполняет тиристор  $VT2$ , в анодную цепь которого включена обмотка  $w1$  возбуждения генератора.



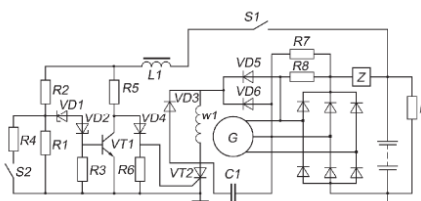
**Рис. 3.41. Схема регулятора напряжения 23.3702**

Обмотка возбуждения шунтирована гасящим диодом  $VD3$ . Для обеспечения естественной коммутации транзистор подключен к генератору через однофазный двухполупериодный выпрямитель с двумя диодами силового выпрямителя генератора и двумя вспомогательными диодами  $VD5$  и  $VD6$ . Для возбуждения генератора к обмотке возбуждения подается напряжение аккумуляторной батареи через резисторы  $R7$  и  $R8$ . Условия коммутации транзистора улучшает конденсатор  $C1$ .

Измерительное устройство состоит из усилителя постоянного напряжения на транзисторе  $VT1$  и измерительной цепи с делителем напряжения  $R1$ ,  $R2$ ,  $R4$  и стабилитронами  $VD1$ ,  $VD2$ . Катушка индуктивности выполняет роль фильтра.

Напряжение к измерительному устройству подается при включении выключателя  $S1$  зажигания. Если это напряжение ниже напряжения срабатывания электронного реле регулятора, в цепи  $L1-R5-VD4-R6$  возникает ток, создающий падение напряжения на резисторе  $R6$ , достаточное для переключения тиристора в состояние насыщения. В этом случае обеспечивается возбуждение генератора. Затем, по мере возрастания напряжения генератора, обмотка возбуждения переключается на электроснабжение от однофазного мостового выпрямителя.

Когда напряжение генератора достигает напряжения срабатывания, транзистор  $VT1$  переключается в состояние насыщения. Напряжение на управляющем электроде тиристора резко падает и при напряжении на выходе однофазного выпрямителя, близком к нулю, тиристор переходит в состояние отсечки.



**Рис. 3.42. Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией**

Обмотка возбуждения отключается от источника электроснабжения. Сила тока в обмотке возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. При выходном напряжении генератора, равном напряжению срабатывания, транзистор  $VT1$  переключается в состояние отсечки, а тиристор – в состояние насыщения. Далее процессы повторяются.

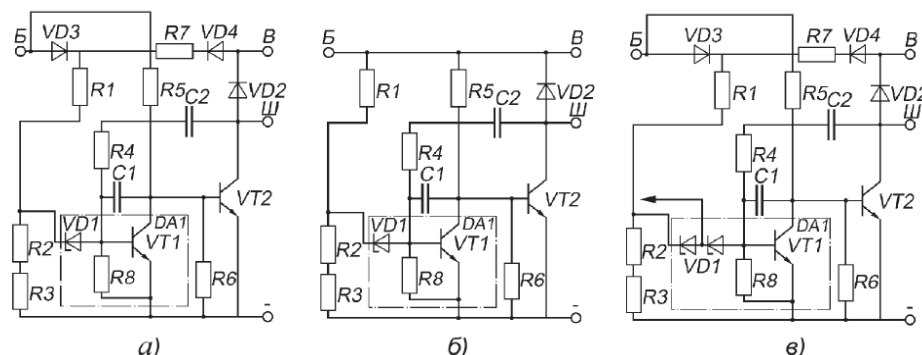
В автотракторном электрооборудовании тиристорные регуляторы применяют редко. Применение тириستоров не упрощает схему регулятора напряжения, создает более сложные условия для возбуждения генератора и требует увеличения объема обмотки возбуждения генератора, так как напряжение электроснабжения обмотки возбуждения ниже выпрямленного напряжения.

### **3.14. АВТОТРАКТОРНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ**



Интегральные регуляторы напряжения рассчитаны на силу тока 3,3 и 5 А. Схемы регуляторов достаточно просты, поэтому они имеют небольшие размеры. Кроме того, они максимально унифицированы для напряжения 14 и 28 В. Малогабаритные интегральные регуляторы напряжения встраиваются в генератор, поэтому в их схемах отсутствуют элементы защиты полупроводниковых элементов.

В регуляторе Я112В1 (рис. 3.43, а) входной делитель напряжения собран на резисторах  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$ . Элементом сравнения служит стабилитрон  $VD1$ . В выходной цепи находится транзистор  $VT2$ .



**Рис. 3.43. Схема интегральных регуляторов напряжения:**  
а – Я112В1; б – Я112А1; в – Я120М1

Элементом сравнения служит стабилитрон  $VD1$ , выходной транзистор электронного реле  $VT1$  и резистор  $R8$  выполнены в одном корпусе в виде микросхемы  $DA1$ . Защиту схемы от возможных аварийных режимов обеспечивают диоды  $VD3$ ,  $VD4$ . Диод  $VD2$  является гасящим. Гибкую обратную связь осуществляет цепь  $C2-R4-C1$ .

Входная цепь регулятора Я112В1 снабжается электроэнергией через отдельный вывод "Б". Если напряжение на выводе "Б" отсутствует (замок зажигания выключен), то отсутствует и базовый ток транзистора  $VT2$ . Транзистор закрыт и протекание тока в цепи обмотки возбуждения невозможно.

Если прерывание тока в цепи возбуждения при неработающем двигателе осуществляется другим путем, выводы "Б" и "В" соединяются между собой перемычкой внутри регулятора и наружу выходит только вывод "В." В регуляторе Я112А (рис 3.43, б) этот вывод задублирован, что исключает возможность отключения гасящего диода от обмотки возбуждения при нарушении контакта вывода "В" с контактной пластиной щеткодержателя.

Входной делитель напряжения регулятора Я112В1 (см. рис. 3.43, а) собран на резисторах  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$ .

Интегральный регулятор Я112М1 (рис. 3.43, в) работает с генератором Г273 и его модификациями. Измерительный делитель напряжения собран на резисторах  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$ . Резисторы  $R1$  и  $R3$  являются настроечными и регулируются на заданное выходное напряжение при изготовлении регулятора.

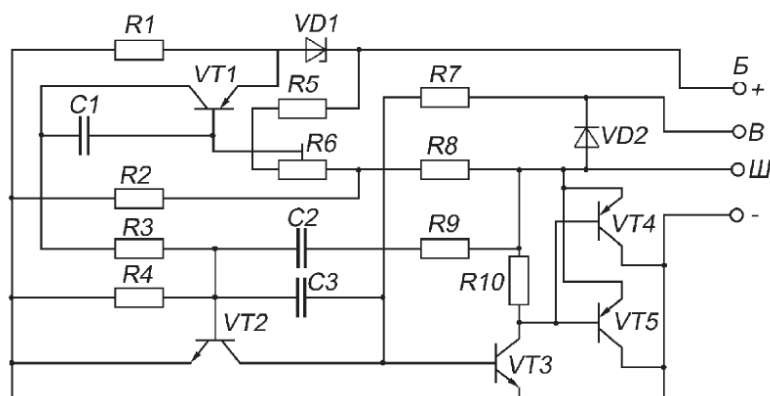
Элемент сравнения (см. рис. 3.43, в) состоит из двух последовательно включенных стабилитронов  $VD1$ , так как регулятор рассчитан на номинальное напряжение 28 В. Оба стабилитрона управляют базовым током выходного транзистора  $VT2$ .

Диоды  $VD3$  и  $VD4$  обеспечивают защиту схемы регулятора напряжения от возможных аварийных режимов. Регуляторы напряжения рассчитаны на ток возбуждения силой 5 А.

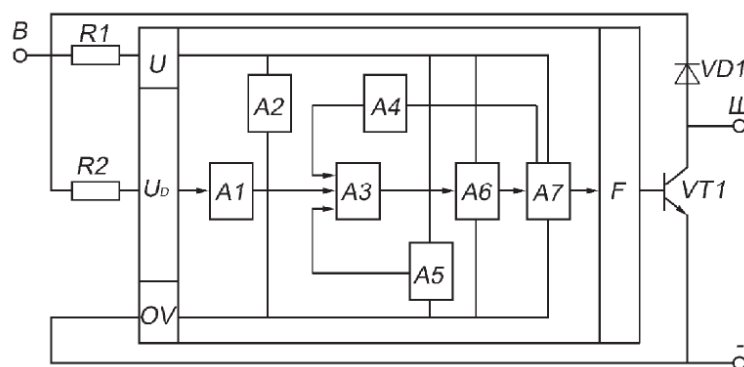
Регулятор напряжения 17.3702 (рис. 3.44) встраивается в щеточный узел генератора 37.3701. Входной делитель собран на резисторах  $R2$ ,  $R5$ ,  $R6$ . Стабилитрон  $VD1$  как элемент сравнения расположен в эмиттерной цепи транзистора  $VT1$  электронного реле на четырех транзисторах  $VT2-VT5$ . Выходные транзисторы  $VT4$  и  $VT5$  включены параллельно, что обеспечивает повышенную надежность регулятора и работу с током возбуждения силой 5 А. Жесткая обратная связь обеспечивается резистором  $R8$ , гибкая – конденсаторами

$C1$ ,  $C2$ ,  $C3$  и резистором  $R9$ . Вывод "В" подсоединяется к дополнительному выпрямителю, а вывод "Б" – к силовому.

Регулятор напряжения (рис. 3.45) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) изготавливается по гибридной технологии в металлостеклянном корпусе. Микросхема регулятора содержит входной делитель напряжения  $A1$ , параметрический стабилизатор напряжения  $A2$ , усилитель-интегратор  $A3$ , компаратор обратной связи  $A4$ , источник опорного напряжения  $A5$ , бистабильный триггер  $A6$  и выходной усилитель  $A7$ . Вне микросхемы в регуляторе находятся балластный резистор параметрического стабилизатора напряжения источника электропитания микросхемы, токоограничивающий резистор  $R2$ , выходной транзистор  $VT1$  и гасящий диод  $VD1$ .



**Рис. 3.44. Схема регулятора напряжения 17.3702**



**Рис. 3.45. Схема интегрального регулятора напряжения с ШИМ**

Напряжение генератора через усилитель  $A1$  подается на не инвертирующий вход усилителя-интегратора  $A3$ , где сравнивается с опорным напряжением. При номинальном уровне регулируемого напряжения генератора схема через триггер  $A6$  и усилитель  $A7$  подает сигнал на переключение выходного транзистора  $VT1$  исходя из того, что время нахождения его в состояниях насыщения и отсечки одинаково.

При отключении напряжения генератора от номинального уровня изменяется время заряда и разряда конденсатора интегратора. Напряжение на конденсаторе отслеживается бистабильным триггером  $A6$ , который через выходной усилитель  $A7$  изменяет соотношение между длительностью нахождения выходного транзистора  $VT1$  в состояниях насыщения и отсечки. Таким образом, стабилизация напряжения генератора, как и в традиционных схемах регулирования, осуществляется за счет изменения относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь электропитания с соответствующим изменением средней силы тока возбуждения.

### 3.15. УСТРОЙСТВО РЕГУЛЯТОРОВ НАПЯЖЕНИЯ

Конструкция регуляторов напряжения, располагаемых вне генератора и соединенных с ним через провода бортовой сети, в основном идентична. Такие регуляторы можно разделить на две группы – регуляторы с металлическим корпусом–крышкой и регуляторы в пластмассовом корпусе.

При разработке полупроводниковых регуляторов напряжения учитываются особенности полупроводниковых приборов и используются современные достижения в области полупроводниковой техники, связанные с новейшей технологией изготовления – технологией интегральных схем.

Особенностью электронных изделий является блочный принцип построения конструкций. В таком случае открываются широкие возможности для унификации и стандартизации элементов, что позволяет применять в производстве прогрессивные методы обработки, сборки и монтажа с высокопроизводительным автоматизированным оборудованием.

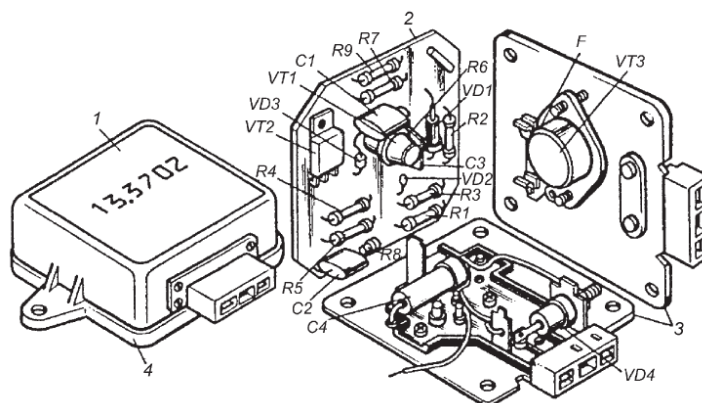
По конструктивным признакам бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения относятся к блокам со смешанным монтажом и навесными электрическими элементами. Монтаж платы – печатный, внутриблочный монтаж – объемный.

Особенности полупроводниковых регуляторов с навесным монтажом электрических и электронных компонентов на печатной плате рассмотрены на примере регулятора 13.3702 (рис. 3.46).

Элементы схемы, кроме выходного транзистора, расположены между печатной платой 2 и основанием 3. Входной транзистор *VT1* (см. рис. 3.39) установлен на плате в специальном чашеобразном держателе. Транзистор *VT2* находится непосредственно на плате. Выходной транзистор *VT3* прикреплен к основанию (теплоотводу) 3 (см. рис. 3.46). Печатная плата крепится к основанию с помощью стоек, которые являются продолжением выводов "+" и "Ш." В отверстии стойки "+" закреплен гасящий диод *VD4*. Предохранитель *F* расположен на наружной стороне основания регулятора.

Печатная плата вместе с основанием двумя винтами закреплена внутри крышки 1. Через прорезь в поддоне 4 виден волосок предохранителя, что позволяет проверить его работоспособность.

Основой печатной платы (рис. 3.47, а) является листовая или фольгированный электротехнический стеклотекстолит. Фольгированный стеклотекстолит с одной или двух сторон облицован красномедной электротехнической фольгой толщиной 0,035 и 0,05 мм. На поверхность этого основания наносят печатный монтаж, выполняющий функции монтажных проводов, разъемов и контактных деталей.



**Рис. 3.46. Конструкция регулятора напряжения 13.3702:**

1 – крышка; 2 – плата; 3 – основание; 4 – поддон. Буквенные обозначения см. рис. 3.39

Одно из возможных креплений элементов на печатной плате показано на рис. 3.47, б.

В производстве наибольшее распространение получили электрохимические, химические и комбинированные методы изготовления печатных плат. Электрохимический метод – гальваническое осаждение металла на диэлектрик с металлизацией отверстий. Химический метод – травление фольгированного диэлектрика с дополнительной операцией металлизации отверстий. Комбинированный метод – травление фольгированного диэлектрика с одновременной металлизацией отверстий.

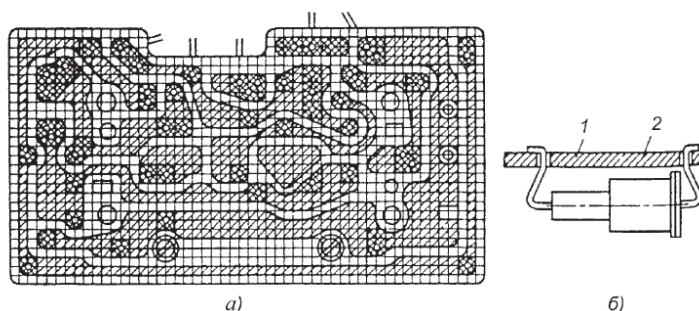
Различия печатных плат, выполненных по указанным методам, заключаются в возможности размещения печатного монтажа с одной или с двух сторон и в плотности печатного монтажа.

При размещении навесных элементов (резисторов, стабилитрона, диода, катушки индуктивности) в печатном узле регулятора руководствуются следующим:

установка элементов должна предусматривать доступ к ним и легкую их замену;

должна быть предусмотрена возможность ручной или механизированной установки элементов, пайки и последующей защиты лаковыми покрытиями; элементы должны размещаться параллельно поверхности платы со стороны, противоположной размещению печатных проводников.

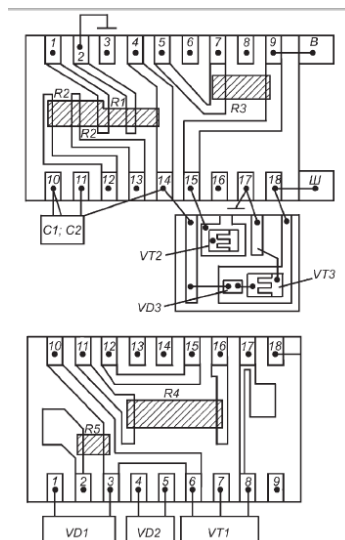
Встраиваемые в генераторы регуляторы напряжения выпускаются в гибридном интегральном исполнении, представляющем собой комбинацию пленочных резисторов, выполненных на керамической изоляционной подложке, с миниатюрными дискретными элементами – конденсаторами, диодами, транзисторами.



**Рис. 3.47. Печатная плата:**

1 – плата; 2 – диод

Дискретными элементами интегрального регулятора напряжения Я112 (рис. 3.48) являются стабилитрон  $VD1$ , диод  $VD2$ , транзистор  $VT1$  и конденсаторы  $C1$  и  $C2$ . Резисторы  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$ ,  $R4$ ,  $R5$  и их соединения выполнены в виде толстых пленок, осажденных на общей подложке из керамики.



**Рис. 3.48. Схема интегрального регулятора напряжения Я112**

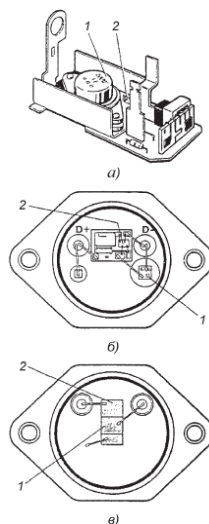
Составной транзистор  $VT2$ ,  $VT3$  вместе с гасящим диодом  $VD3$ , шунтирующим обмотку возбуждения, выполнен по полупроводниковой технологии.

Конструкция регулятора неразборная. Пластмассовый корпус приклеен к основанию, являющемуся одновременно теплоотводом и выводом. К металлическому основанию приклеены две фольгированные стеклотекстолитовые пластинки, которые являются выводами и к которым подключаются вывод "Ш" обмотки возбуждения и вывод "В". Регулятор

закрит крышкой. Внутренняя полость заполнена топливо-водостойким компаундом для защиты элементов схемы от воздействия окружающей среды.

Таким образом, конструкцию регуляторов напряжения в значительной мере определяет технология их изготовления. При изготовлении схемы на дискретных элементах (рис. 3.49, *а*) регулятор обычно имеет печатную плату, на которой располагаются данные элементы. При этом некоторые элементы, например настроечные резисторы, могут выполняться по толсто пленочной технологии.

Гибридная технология предполагает, что резисторы выполняются на керамической пластинке и соединяются с полупроводниковыми элементами – диодами, стабилитронами, транзисторами, которые в корпусном или бескорпусном исполнении припаиваются к металлической подложке (рис. 3.49, *б*).



**Рис. 3.49. Регуляторы напряжения различного исполнения:**

*а* – на дискретных элементах; *б* – выполненные по гибридной технологии;

*в* – на монокристалле кремния; 1 – силовой выходной каскад; 2 – схема управления

В регуляторе (рис. 3.49, *в*), выполненном на монокристалле кремния, вся схема размещена в этом кристалле.

Гибридные регуляторы напряжения и регуляторы на монокристалле ни разборке, ни ремонту не подлежат.

### **3.16. СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК**

Наиболее распространенные схемы генераторных установок с вентильными генераторами приведены на рис. 3.50. У генераторов, предназначенных для работы в комплекте с вибрационными, контактно-транзисторными регуляторами напряжения, а также бесконтактными транзисторными регуляторами, разработанными для замены конкретных типов вибрационных и контактнотранзисторных регуляторов, один вывод обмотки возбуждения соединен с массой, а другой, обычно маркируемый буквой "Ш", с регулятором напряжения 1 (рис. 3.50, *а*). Обозначения выводов на рис. 3.50, приведенные в скобках, относятся к генераторным установкам автомобилей ВАЗ.

В генераторах, напряжение на работу генератора, является передаточное число привода между валами двигателя и генератора. Для электроснабжения потребителей передаточное число должно быть как можно большим. Однако с ростом передаточного числа снижается срок службы ремней, поэтому ре

#### **2.2.3 Результаты и выводы:**

Изучены конструкции реле-регуляторы, их маркировка и особенности конструкций.

Приведенный материал позволил узнать о разнообразии конструкций реле-регуляторы.



## 2.3 Практическое занятие №3 ( 2 часа).

**Тема:** «Изучить устройство электростартеров и их маркировку»

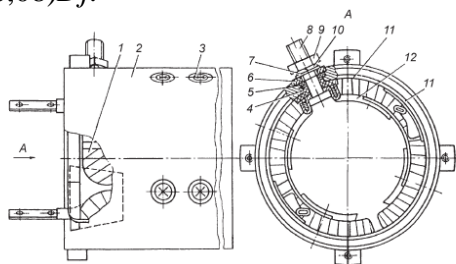
### 2.3.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство электростартеров и их маркировку.

### 2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Корпус (рис. 4.15) стартера СТ142\_Б изготавливают из трубы или стальной полосы с последующей сваркой стыка.

С целью улучшения герметизации корпус не имеет окон для доступа к щеткам. Длина корпуса в 1,6–2 раза больше длины пакета якоря. Толщина корпуса зависит от диаметра  $D_j$  корпуса и составляет  $(0,05–0,08)D_j$ .



**Рис. 4.15. Корпус стартера СТ142\_Б в сборе:**

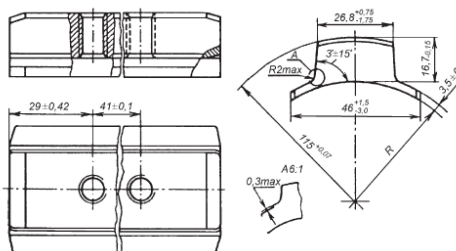
1 – катушка; 2 – корпус; 3 – винт полюса; 4 – изоляционная втулка; 5, 6 – соответственно уплотнительная и изоляционная шайбы; 7 – шайба; 8 – выводной болт; 9 – гайка М12; 10 – пружинная шайба; 11 – изоляционный материал; 12 – полюс

В корпусе 2 предусмотрено отверстие для выводного болта 8 обмотки возбуждения. Корпус может иметь установочные прорези на торцах и конусообразные проточки для установки уплотнительных колец.

К корпусу 2 винтами 3 крепят полюсы 12 с катушками 1 обмотки возбуждения. Все автомобильные стартеры выполняют четырех полюсными. Катушки последовательных и параллельных обмоток возбуждения устанавливают на отдельных полюсах, поэтому число катушек равно числу полюсов.

Горячекатанные или штампованные полюсы (рис. 4.16) стартера состоят из магнитопровода, полюсных наконечников и изготавливаются из профильной стали 10.

Катушки (рис. 4.17) последовательной обмотки имеют небольшое число витков неизолированного медного провода 3 прямоугольного сечения марки ПММ. Между витками катушки прокладывают электроизоляционный картон толщиной 0,2–0,4 мм. Катушки параллельной обмотки возбуждения наматывают изолированным круглым проводом марок ПЭВ\_2 и ПЭТВ. Снаружи катушки изолируют лентой из изоляционного материала (хлопчатобумажная тафтяная лента, батистовая лента Б\_13). Внешняя изоляция после пропитывания лаком и просушивания имеет толщину 1–1,5 мм. Перспективно применение полимерных материалов при изолировании катушек, с помощью которых можно получить равномерные по толщине, стойкие к воздействию агрессивной среды и повышенной температуры покрытия.

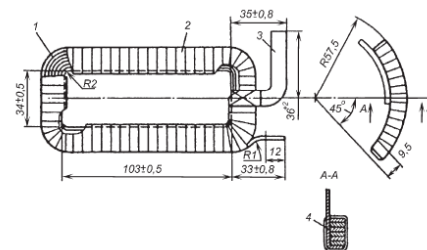


**Рис. 4.16. Полюс стартера СТ142\_Б**

**4.3.2. Стартер Якорь** (рис. 4.18) стартера СТ142\_Б представляет собой шихтованный магнитопровод, в пазы которого укладываются секции обмотки. В шихтованном магнитопроводе потери на вихревые токи меньше. Пакет якоря напрессован на вал 4, вращающийся в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками или подшипниками из порошкового материала.

Пакет якоря набирают из стальных пластин толщиной 1–1,2 мм (рис. 4.19). Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона толщиной 2,5 мм предохраняют от повреждения изоляцию проводников в лобовых частях обмотки якоря.

В стартерных электродвигателях применяют простые волновые обмотки с одно- и двухвитковыми секциями (см. рис. 4.18, б). Одновитковые секции выполняют из неизолированного прямоугольного провода марки ПММ. Обмотки с двухвитковыми секциями наматывают круглыми изолированными проводами ПЭВ\_2 и ПЭТВ.



**Рис. 4.17. Катушка возбуждения стартера СТ142\_Б:**

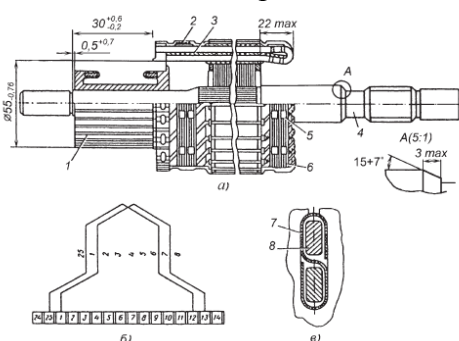
1 – изоляционный материал между витками; 2 – лента батистовая; 3 – провод ПММ; 4 – прокладка

Полузакрытые или закрытые пазы якорей могут иметь прямоугольную или грушевидную форму (рис. 4.20). При прямоугольной форме пазов обеспечивается лучшее его заполнение прямоугольным проводом. В этом случае проводники в пазы укладывают в два слоя и изолируют друг от друга и от пакета якоря гильзами S-образной формы из электрокартона толщиной 0,2–0,4 мм или полимерной пленки.

Пазы грушевидной формы с постоянным или переменным сечением зубца применяют в стартерах малой мощности с двухвитковыми секциями.

Концы секций обмотки якоря укладывают в прорези петушков коллекторных пластин. Конец одной секции и начало следующей секции по ходу обмотки присоединяют к одной коллекторной пластине.

На лобовые части обмотки якоря накладывают бандаж, состоящие из нескольких витков проволоки, хлопчатобумажного шнура или стекловолоконного материала, намотанных на прокладку из электроизоляционного картона.



**Рис. 4.18. Якорь стартера СТ142\_Б:**

а – в сборе; б – схема обмотки; в – конструкция паза; 1 – коллектор; 2 – проволока бандаж якоря; 3 – изоляционный материал; 4 – вал; 5 – крепежная скоба бандаж; 6 – прокладка под бандаж; 7 – изоляционный материал паза; 8 – провод ПММ обмотки якоря

Бандаж из стекловолокна менее дорогостоящий, для него можно не применять крепежные скобы.



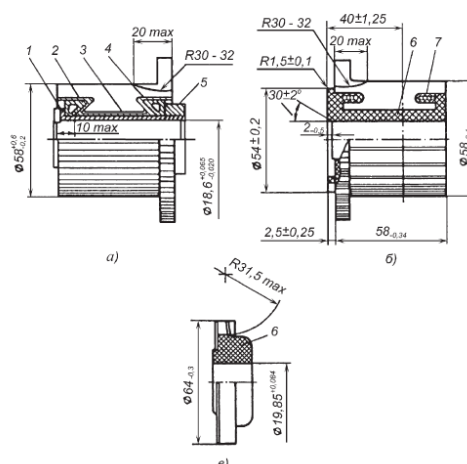
*a* – полужакрытый прямой; *б* – грушевидный

**4.3.3. Коллекторы. Щетки. Щеткодержатели** В электростартерах применяют  
ные цилиндрические коллекторы на металлической втулке, а также цилиндрические и  
овые коллекторы с пластмассовым корпусом.

Сборные цилиндрические коллекторы (рис. 4.21, *а*) на металлической втулке, применяемые на стартерах большой мощности, составляют из медных пластин и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта. Пластины в коллекторе закрепляют с помощью металлических нажимных колец 2 и изоляционных конусов 4 по боковым опорным поверхностям. От металлической втулки 1, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют миканитовой цилиндрической втулкой. Рабочая поверхность коллектора должна иметь строго цилиндрическую форму. Монолитность конструкции и биение рабочей поверхности сборных цилиндрических коллекторов зависят от точности изготовления сопрягаемых деталей. Вследствие податливости изоляционных прокладок между пластинами первоначальная форма сборного цилиндрического коллектора в процессе эксплуатации может измениться, что приводит к усилению искрения под щетками.

Торцовые коллекторы (рис. 4.21, в) по сравнению с цилиндрическими имеют меньшие размеры и металлоемкость. Рабочая поверхность торцового коллектора находится в плоскости, перпендикулярной к оси вращения якоря. При изготовлении торцового коллектора из медной втулки формируется пластина в виде диска с отверстием, прямоугольными пазами по числу требуемых коллекторных пластин и кольцевыми выступами. Диск со стороны выступов опрессовывается пластмассой. В пластмассовом корпусе прошивают внутреннее отверстие для напрессовки коллектора на вал.

В стартерах с цилиндрическими коллекторами щетки 4 (рис. 4.22, а) устанавливают в четырех коробчатых щеткодержателях 5 радиального типа, закрепленных на крышке 6 со стороны коллектора.



**Рис. 4.21. Коллекторы электростартеров:**

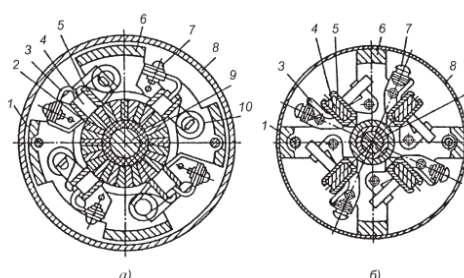
а – цилиндрический на металлической втулке; б – цилиндрический с пластмассовым корпусом; в – торцовый; 1 – металлическая втулка; 2 – нажимное кольцо; 3 – изоляционный материал втулки; 4 – изоляционный конус; 5 – гайка; 6 – пластмассовый корпус; 7 – армировочное кольцо

Необходимое давление (30–120 кПа) на щетки обеспечивают спиральные пружины 10. Щеткодержатели изолированных щеток отделены от крышки прокладками из текстолита или другого изоляционного материала. В стартерах большой мощности в каждом из радиальных щеткодержателей устанавливают по две щетки.

В электростартерах с торцовыми коллекторами щетки 4 (рис. 4.22, б) размещают в пластмассовой или металлической траверсе и прижимают к рабочей поверхности коллектора витыми цилиндрическими пружинами.

Щетки имеют канатики 3 и присоединяются к щеткодержателям 5 с помощью винтов 7. Обычно щетки устанавливают на геометрической нейтрали. На некоторых стартерах для улучшения коммутации щетки смещают с геометрической нейтрали на небольшой угол против направления вращения.

Щетки в щеткодержателях должны перемещаться свободно, но без значительных боковых колебаний.



**Рис. 4.22. Щеточно\_коллекторные узлы стартеров:**

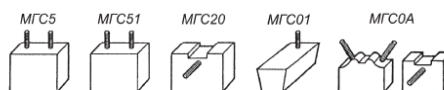
а – СТ230\_Б4 с цилиндрическим коллектором; б – 29.3708 с торцовым коллектором; 1 – стяжной болт; 2 – коллектор; 3 – канатик щетки; 4 – щетка; 5 – щеткодержатель; 6 – крышка со стороны коллектора; 7 – винт крепления канатика щетки; 8 – защитный кожух; 9 – вал якоря; 10 – пружина

В электростартерах применяют медно-графитные щетки с добавками свинца и олова (рис. 4.23). В щетках стартеров большой мощности, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации, графита больше. Плотность  $j_{щ}$  тока в щетках электростартеров находится в пределах 40–100 А/см<sup>2</sup>. От допустимой плотности тока зависят размеры щеток и падение напряжения под щетками  $U_{щ}$ .

**4.3.4. Крышки. Держатель подшипника** Крышки со стороны коллектора изготавливают методом литья из чугуна, стали, алюминиевого или цинкового сплава, а также штампуют из стали. Крышки могут иметь дисковую или колоколообразную форму. В крышках колоколообразной формы предусмотрены окна для доступа к щеткам.

Крышки со стороны привода изготавливают методом литья из алюминиевого сплава или чугуна. Конструкция крышки зависит от материала, из которого она изготовлена, типа механизма привода, способа крепления стартера на двигателе и тягового реле на стартере. Установочные фланцы крышки имеют два или большее число отверстий под болты крепления стартера. Фланцевое крепление стартера к картеру сцепления дает возможность сохранить постоянным межосевое расстояние в зубчатом зацеплении при снятии и повторной установке стартера. В крышке предусмотрено отверстие, которое позволяет шестерне привода входить в зацепление с венцом маховика.

В крышках и промежуточной опоре устанавливают подшипники скольжения. Промежуточную опору предусматривают в стартерах с диаметром корпуса 115 мм и более. Подшипники смазывают в процессе производства и при необходимости во время технического обслуживания при эксплуатации. В стартерах большой мощности бобышки подшипников имеют масленки с резервуарами для смазочного материала и смазочными фильцами.



**Рис. 4.23. Щетки электростартеров**

**4.3.5. Тяговые электромагнитные реле** Управляемые дистанционно тяговые реле обеспечивают ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключают стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее. Они отличаются по способу крепления на стартере, числу обмоток, конструкции контактного устройства и форме стопа электромагнита.

На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки со стороны привода. С фланцем прилива крышки реле соединяют непосредственно или через дополнительные крепежные элементы.

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь *11* (рис. 4.24), воздействующий на шток *15* с подвижным контактным диском *4*. Два неподвижных контакта в виде контактных болтов *21* закрепляют в пластмассовой крышке *2*.

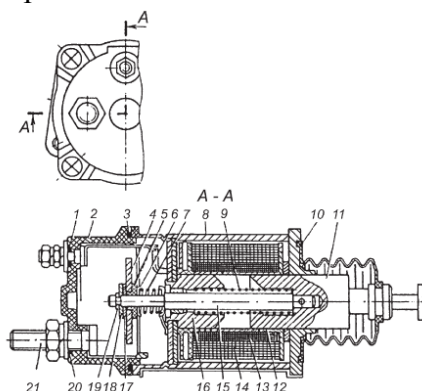
В двух обмоточном реле удерживающая обмотка *13*, рассчитанная только на удержание якоря *11* реле в притянутом к магнитопроводу *16* состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на массу. Втягивающая обмотка *14* подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласованно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем *11* и магнитопроводом *16* максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы.

Контактные системы могут быть разделенной или неразделенной конструкции. При неразделенной контактной системе подвижный контакт имеет пружину *7*. Перемещение подвижного контактного диска в исходное нерабочее положение обеспечивает возвратная пружина *9*. В разделенной контактной системе подвижная контактная пластина *10* (рис. 4.25) не связана жестко с якорем *13* реле.

Контактную пластину круглой, фасонной или прямоугольной формы устанавливают между изоляционной втулкой и шайбой на штоке. Это обеспечивает надежное соединение контактов реле в случае возможного перекоса пластины при ее перемещении вдоль оси штока за счет сжатия пружин контактной системы.

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через поводковую муфту. Его выполняют из полимерного материала или делают составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют клепкой или сваркой.

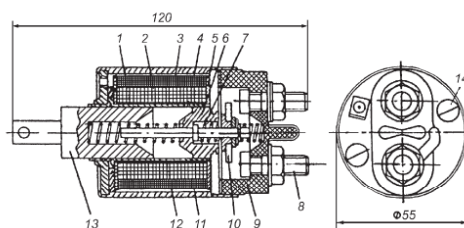
Схемы работы двухобмоточного тягового электромагнитного реле стартера приведены на рис. 4.26. Под действием намагничивающей силы двух обмоток  $L1$  и  $L2$  якорь тягового реле (рис. 4.26, *а*) втягивается в электромагнит, с помощью рычажного механизма вводит шестерню привода в зацепление с венцом маховика и в конце хода, замыкая силовые контакты  $K1:1$  тягового реле, включает цепь электроснабжения стартерного электродвигателя. Одновременно подвижный контактный диск замыкает накоротко втягивающую обмотку  $L2$  (рис. 4.26, *б*) тягового реле.



**Рис. 4.24. Тяговое реле стартера СТ142\_Б с неразделенной контактной системой:**

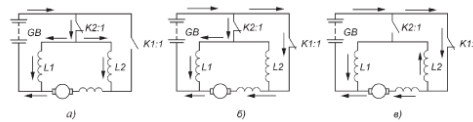
1, 20 – резиновые уплотнительные шайбы; 2 – крышка реле (полиамид ПА66\_КС); 3 – резиновое уплотнительное кольцо; 4 – контактный диск; 5 – изоляционная втулка (полиамид ПА66\_КС); 6 – чашка (лента 08кп); 7, 9 – пружины; 8 – корпус реле; 10 – резиновый сильфон; 11 – якорь реле (сталь 10); 12 – каркас катушки; 13, 14 – удерживающая и втягивающая обмотки соответственно; 15 – стальной шток; 16 – магнитопровод реле (сталь 10); 17 – изоляционная шайба (полиамид ПА66КС); 18 – шайба; 19 – скоба (лента 08кп); 21 – контактный болт (проволока МТ)

Контакты тягового реле замыкаются раньше, чем шестерня привода полностью (до упора на валу якоря) войдет в зацепление. Однако как только якорь начинает вращаться и привод начинает передавать вращающий момент коленчатому валу двигателя, в винтовых шлицах вала и шлицевой втулке муфты свободного хода возникает осевое усилие, которое перемещает шестерню до упора и удерживает ее во включенном состоянии до тех пор, пока она является ведущей. В тех случаях, когда шестерня упирается в венец маховика, якорь реле, сжимая буферную пружину, продолжает двигаться и замыкает силовые контакты реле. Якорь стартера вместе с приводом начинает вращаться, и шестерня под действием буферной пружины и осевого усилия в винтовых шлицах входит в зацепление, как только зуб шестерни установится против впадины зубчатого венца маховика.



**Рис. 4.25. Тяговое реле стартера 29.3708 с разделенной контактной системой:**

1 – шток; 2, 3 – втягивающая и удерживающая обмотки соответственно; 4 – втулка; 5 – каркас катушки; 6 – магнитопровод реле; 7, 12 – пружины; 8 – контактный болт; 9 – крышка реле; 10 – контактная пластина; 11 – корпус; 13 – якорь реле; 14 – винт



**Рис. 4.26. Схема работы двухобмоточного тягового реле стартера:**

*а* – включение; *б* – замыкание силовых контактов; *в* – выключение

Применение винтовых шлицев в сопряжении вал якоря – направляющая втулка привода позволяет уменьшить усилие притяжения и ход якоря электромагнита, что способствует снижению габаритных размеров, массы тягового реле и, следовательно, стартера в целом. Шлицевое соединение вала якоря с приводом облегчает выход шестерни из зацепления. При работе двигателя маховик вращает шестерню. Направление осевого усилия в шлицах меняется и шестерня отжимается от маховика. Однако осевого усилия в шлицах недостаточно для преодоления силы притяжения электромагнита тягового реле, поэтому шестерня остается в зацеплении до тех пор, пока водитель не отключит дополнительное реле с контактами  $K2:1$  от источника электроснабжения.

При размыкании контактов  $K2:1$  (рис. 4.26, *в*) дополнительного реле на втягивающую и удерживающую обмотки поступает ток через замкнутые еще контакты  $K1:1$  тягового реле, но в отличие от схемы, приведенной на рис. 4.26, *а*, обмотки оказываются включенными последовательно, причем направление тока в витках удерживающей обмотки  $L1$  сохраняется прежним, а направление в витках втягивающей обмотки  $L2$  меняется. Поскольку число витков в обеих обмотках одинаково и по ним протекает ток одинаковой силы, то, действуя встречно, эти обмотки создают два равных, но противоположно направленных магнитных потока. Магнитопровод электромагнита размагничивается, возвратная пружина выдвигает якорь из электромагнита, силовые контакты реле размыкаются. Возвратная пружина не только возвращает якорь тягового реле в исходное состояние, но и, воздействуя на рычаг включения привода, способствует выходу шестерни из зацепления с венцом маховика.

В рассмотренных схемах управления после пуска двигателя необходимо немедленно выключать стартер, так как при длительном вращении ведомой обоймы с шестерней привода возможно заклинивание муфты свободного хода и повреждение якоря. Включение стартера при работе двигателя может привести к повреждению зубьев шестерни и венца маховика или отказу муфты свободного хода механизма привода.

**4.3.6. Механизмы привода** Наибольшее распространение в электростартерах получили бесшумные в работе и технологичные роликовые муфты свободного хода, способные при небольших размерах передавать значительные вращающие моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, не требуют технического обслуживания и регулирования в эксплуатации.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма 12 (рис. 4.27) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы 17. Ролики 3 под действием прижимных пружин 1 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря через шлицевую втулку 10 передается ведущей обойме 12 муфты.

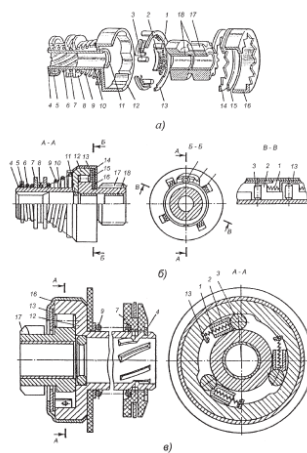
Для обеспечения надежного заклинивания муфты свободного хода применяют индивидуальные и групповые прижимные устройства для роликов. К индивидуальным относятся прижимные устройства с пружинами, осуществляющими нажатие на ролики 3 непосредственно через индивидуальные плунжеры или толкатели 2 Г-образной формы. В муфтах свободного хода с групповыми прижимными устройствами число прижимных пружин меньше числа роликов, а заклинивание роликов между обоймами осуществляется при помощи сепараторов.

Заклинивание роликов в муфтах свободного хода с бесплунжерными прижимными устройствами происходит за счет перемещения толкателей или сепаратора с пазами, в ко-



торых размещены ролики. В муфтах с индивидуальными прижимными устройствами витые цилиндрические пружины одним концом упираются в выступы толкателей 2, а другим в отогнутые лепестки держателя пружин, соединенного с ведущей обоймой 12. Сепараторное прижимное устройство сложнее по конструкции, однако позволяет увеличить число роликов, способствует равномерному распределению нагрузки на ролики и тем самым повышает нагрузочную способность муфты свободного хода.

Благодаря отсутствию отверстий под плунжеры в бесплунжерных муфтах свободного хода повышается прочность обоймы. Механизм привода стартера с храповичной муфтой свободного хода обеспечивает более полное разъединение вала электродвигателя и коленчатого вала двигателя при значительно меньших нагрузках на силовые элементы муфты. Храповичная муфта (рис. 4.28) состоит из корпуса 11, ведущего 8 и ведомого 6 храповиков, шестерни 2 привода, пружины 10, шлицевой направляющей втулки 12 и центробежного механизма с конической втулкой 7, текстолитовыми сегментами (сухариками) 3 и направляющими штифтами 4 для разъединения ведущего и ведомого храповиков.



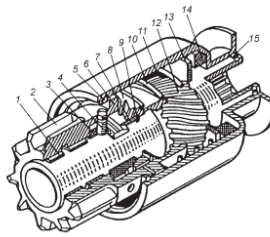
**Рис. 4.27. Приводные механизмы с роликовыми муфтами свободного хода электро\_**

**стартеров:**

*а, б* – СТ230 Б; *в* – 29.3708; 1 – прижимная пружина; 2 – толкатель; 3 – ролик; 4 – замковое кольцо; 5 – опорная чашка; 6 – пружина; 7, 8 – поводковые муфты; 9 – буферная пружина; 10 – шлицевая втулка; 11 – центрирующее кольцо; 12 – наружная ведущая обойма; 13 – держатель пружин; 14 – специальная шайба; 15 – войлочный уплотнитель; 16 – кожух муфты; 17 – ведомая обойма с шестерней; 18 – втулки

При подключении обмотки тягового реле к источнику питания его якорь через рычаг привода и корпус 11 муфты перемещает направляющую втулку 12 вместе с храповиками 6 и 8 по шлицам вала и вводит шестерню 2 в зацепление с венцом маховика до упора в шайбу на валу якоря. В конце хода шестерни замыкаются силовые контакты тягового реле, вал якоря приводится во вращение, а вращающий момент через шлицевую втулку 12, ведущий 8 и ведомый 6 храповики передается шестерне 2 и далее венцу маховика. При передаче вращающего момента в винтовых шлицах втулки 12 и ведущего храповика 8 возникает осевое усилие, которое воспринимается буферным резиновым кольцом 14.

Если шестерня привода упирается в венец маховика, сжимается пружина 10 и ведущий храповик 8, перемещаясь по винтовым шлицам втулки 12, своими торцовыми зубьями поворачивает ведомый храповик и шестерню на угол, обеспечивающий ввод шестерни в зацепление и замыкание контактов тягового реле.



**Рис. 4.28. Храповичная муфта свободного хода:**

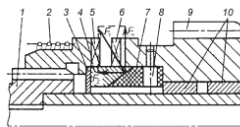
1 – вкладыш; 2 – шестерня; 3 – сегмент (сухарик); 4 – направляющий штифт; 5 и 15 – замковые кольца; 6, 8 – ведомый и ведущий храповики; 7 – коническая втулка; 9 и 13 – шайба; 10 – пружина; 11 – корпус муфты; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

После пуска двигателя частота вращения шестерни и ведомого храповика становится больше частоты вращения вала якоря и направляющей втулки 12, поэтому ведущий храповик, сжимая пружину 10, перемещается по винтовым шлицам втулки, отходит от ведомого храповика и шестерня привода вращается "вхолостую". Коническая втулка 4 (рис. 4.29) отодвигается вместе с ведущим храповиком и освобождает текстолитовые сегменты 7, соединенные с быстровращающимся ведомым храповиком 6 направляющими штифтами 8. Под действием центробежных сил  $F_{ц}$  сегменты перемещаются в радиальном направлении вдоль штифтов, занимают крайнее верхнее положение и блокируют муфту в расцепленном состоянии, предохраняя зубья храповиков от повреждения и изнашивания. В этом состоянии храповичный механизм будет находиться до тех пор, пока осевая составляющая  $F_2$  силы  $F_1$ , действующей на коническую втулку 4, превышает усилие пружины.

Шестерня привода выходит из зацепления с венцом маховика только после выключения тягового реле стартера. Во время отдельных вспышек в цилиндрах шестерня остается в зацеплении, что позволяет стартеру вращать коленчатый вал до тех пор, пока двигатель не сможет работать самостоятельно.

Преимуществами храповичной муфты свободного хода по сравнению с роликовыми муфтами являются высокая прочность, ремонтпригодность и возможность передачи большого вращающего момента при сравнительно небольших габаритных размерах.

Комбинированный привод (рис. 4.30) электростартера обеспечивает принудительное включение и самовыключение шестерни. Он применяется на мощных стартерах типа СТ103 напряжением 24 В.



**Рис. 4.29. Центральный механизм храповичного привода и схема сил, действующих на его детали:**

1 – шлицевая направляющая втулка; 2 – пружина; 3 – шайба; 4 – коническая втулка; 5, 6 – ведущий и ведомый храповики; 7 – сегмент; 8 – направляющий штифт; 9 – шестерня; 10 – вкладыш

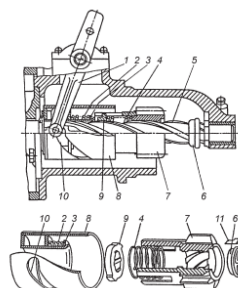
При включении стартера рычаг 1 при помощи пальца, расположенного в лунке винтового паза 10, перемещает стакан 8 в сторону маховика двигателя. Втулка стакана упирается в ведущую гайку 9 и передвигает ее вместе с шестерней 7 по резьбе вала 5 до ввода шестерни в зацепление.

Окружной зазор в шлицевом соединении шестерни и вала допускает поворот шестерни относительно вала на один зуб. Если зубья шестерни упираются в венец маховика, ведущая гайка 9 продолжает двигаться,

сжимая пружину 4. За счет усилия в шлицах гайка поворачивает шестерню до тех пор, пока она не войдет в зацепление. В конце хода рычага 1 замыкается цепь питания стартерного электродвигателя. Вращающий момент через шлицы вала 5, гайку 9 и шес-



терню 7 передается коленчатому валу двигателя. Стакан 8 поворачивается одновременно с валом якоря и благодаря наличию винтового паза 10 возвращается в исходное положение, освобождая место для выхода шестерни из зацепления после пуска двигателя, когда шестерня вращается маховиком и направление усилия в шлицевом соединении меняется на противоположное.



**Рис. 4.30. Комбинированный привод электростартера:**

1 – рычаг включения привода; 2 – пружина; 3 – шайба; 4 – пружина; 5 – вал якоря с четырехзаходной резьбой; 6 – упорное кольцо; 7 – шестерня; 8 – стакан; 9 – ведущая гайка; 10 – винтовой паз стакана; 11 – сухарик

Буферная пружина 2 смягчает удар при выходе шестерни из зацепления. Ход шестерни ограничивается упорным кольцом 6, которое закреплено на валу якоря посредством сухарика 11.

### **2.3.3 Результаты и выводы:**

Изучены конструкция стартера, его маркировка и особенности конструкций.

Приведенный материал позволил узнать о разнообразии конструкций стартеров.

## 2.4 Практическое занятие №4 ( 2 часа).

**Тема:** «Изучить устройство систем зажигания от магнето»

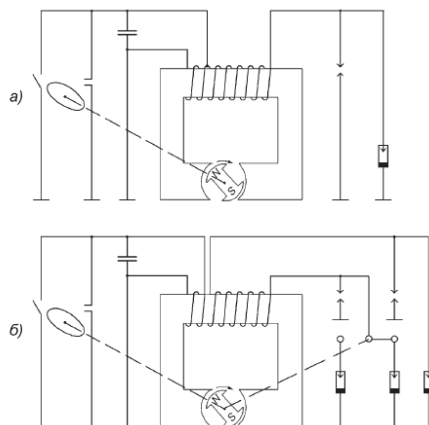
### 2.4.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство магнето.
2. Изучить типы конструкций магнето.

### 2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

Магнето объединяет в себе генератор переменного тока низкого напряжения с возбуждением от постоянных магнитов, трансформатор (индукционную катушку), прерыватель и распределитель (для двухцилиндровых двигателей). На тракторных пусковых двигателях применяют одноискровые (М124\_БЗ, М130\_А, 15.3728) и двухискровые (М149\_А) магнето левого (М149\_А) и правого (М124\_БЗ, М130\_А, 15.3728) вращения. У магнето правого вращения ротор вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны привода.

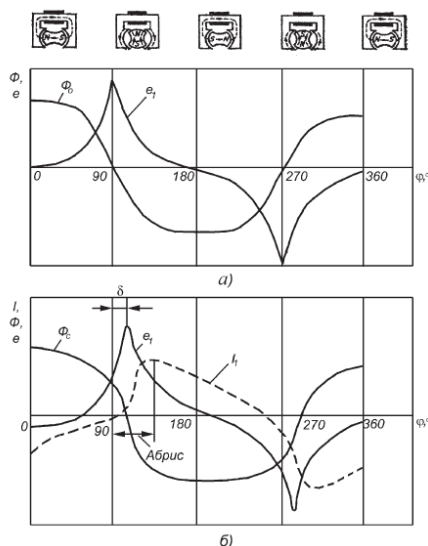
Магнето могут отличаться по конструкции и типу магнитной системы. Применяют магнето с вращающимся магнитом и вращающимся коммутатором. На пусковых бензиновых двигателях устанавливают магнето с вращающимися постоянными магнитами. При вращении постоянного магнита между полюсными наконечниками (рис. 6.21) неподвижного магнитопровода изменяются величина и направление магнитного потока в магнитопроводе. Соответственно в обеих обмотках трансформатора индуцируется ЭДС, которая 2 раза за один оборот двухполюсного магнита достигает максимального значения. В режиме холостого хода, когда обмотки разомкнуты, максимальные значения ЭДС соответствуют изменению магнитного потока  $\Phi_0$  с наибольшей скоростью (рис. 6.22). В зависимости от конструктивных параметров магнето и частоты вращения ротора ЭДС



**Рис. 6.21. Схема магнето с вращающимся магнитом:**

*а* – одноискрового; *б* – двухискрового может достигать значений 50–100 В в первичной и 2000–3000 В во вторичной обмотках.

Указанного напряжения во вторичной цепи недостаточно для пробоя искрового промежутка. Для увеличения вторичного напряжения, а также с целью обеспечения точного момента зажигания в цепь первичной обмотки трансформатора включен прерыватель. Прерыватель периодически замыкает и размыкает цепь первичной обмотки и в последней ток то возникает, то исчезает. При замкнутой первичной цепи по ней протекает ток короткого замыкания. Сила тока достигает нескольких ампер и создает свое магнитное поле, развиваемое магнитным полем якоря. Магнитное поле якоря взаимодействует с магнитным полем вращающегося постоянного магнита, что вызывает перераспределение результирующего магнитного потока.



**Рис. 6.22. Характеристики магнитного потока, ЭДС и силы тока в первичной цепи магнето:**

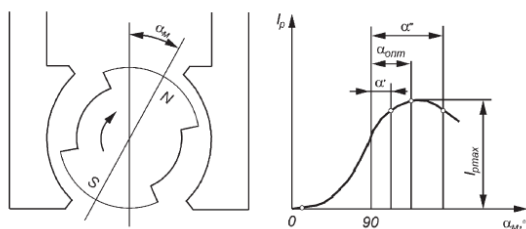
*а* – в режиме холостого хода; *б* – при замкнутых контактах прерывателя. Под набегающей частью полюса происходит разрежение магнитного потока, а под сбегающей частью полюса – сгущение.

В результате изменяются кривые результирующего потока при замкнутой первичной цепи. Соответственно изменяется и кривая ЭДС  $e_1$  в первичной цепи, максимум которой относительно максимума в режиме холостого хода сдвигается на угол.

Контакты прерывателя замыкаются тогда, когда ЭДС в первичной обмотке близка к нулю. ЭДС в первичной обмотке начинает возрастать, что вызывает рост силы тока  $I_1$  в ней. Для получения максимального значения напряжения вторичной цепи контакты прерывателя желательно размыкать при достижении силы тока в первичной обмотке максимального значения. Резкое уменьшение силы тока первичной обмотки и связанного с ним магнитного потока приводит к появлению во вторичной обмотке ЭДС величиной 10–20 кВ. Высокое напряжение с вторичной обмотки подается на свечу, где энергия, накопленная в магнитном поле первичной обмотки, выделяется в виде тепловой энергии искры.

В двухискровом магнето (см. рис. 6.21, *б*) высокое напряжение к свечам зажигания пускового двигателя подается с помощью распределителя. Кроме того, высокое напряжение с вторичной обмотки трансформатора может подаваться и на свечу зажигания предпускового подогревателя. Первичная обмотка кроме активного сопротивления обладает индуктивностью, поэтому ток в ней отстает по фазе от ЭДС, и максимальная сила тока смещается по отношению к максимальному значению ЭДС на определенный угол. Следует иметь в виду, что кривые ЭДС и силы тока в первичной цепи несинусоидальны.

Угол  $\phi_m$  (рис. 6.23), определяющий положение магнето в момент размыкания контактов прерывателя, называют абрисом магнето. При отклонении абриса от оптимального значения опт. снижаются сила тока в момент разрыва первичной цепи и вторичное напряжение.



**Рис. 6.23. Влияние абриса на силу тока  $I_p$  разрыва первичной цепи**

При значительном отклонении абриса от оптимального значения развиваемое магнето вторичное напряжение может оказаться недостаточным для пробоя искрового промежутка. Для магнето различных типов величины оптимального абриса различны и обычно определяются опытным путем.

При размыкании контактов прерывателя ЭДС индуцируется не только во вторичной, но и в первичной обмотке и вызывает появление электрической дуги между размыкающимися контактами прерывателя. Наличие электрической дуги замедляет скорость исчезновения магнитного потока первичной обмотки и уменьшает вторичное напряжение. С другой стороны, дуга приводит к подгоранию контактов и их преждевременному выходу из строя.

Для гашения дуги между контактами прерывателя параллельно контактам подключают конденсатор. ЭДС самоиндукции заряжает конденсатор при размыкании контактов и уменьшает искрение между ними. Первичная цепь трансформатора магнето содержит конденсатор, элемент индуктивности, резистор с активным сопротивлением и является колебательным контуром. При равенстве ЭДС самоиндукции в первичной обмотке и напряжения на обкладках конденсатора заряд конденсатора прекращается и начинается его разряд на первичную обмотку трансформатора, и затем под действием вновь возникшей ЭДС конденсатор заряжается напряжением обратной полярности. Таким образом, в первичной цепи возникает затухающий разрядный процесс конденсатора.

С увеличением емкости конденсатора уменьшаются частота колебаний и скорость убывания силы тока в первичной обмотке. При недостаточной емкости конденсатора увеличиваются потери энергии на дугообразование между размыкающимися контактами прерывателя.

В обоих случаях уменьшается вторичное напряжение магнето. Следовательно, существует оптимальное значение емкости конденсатора, при котором развиваемое магнето вторичное напряжение будет максимальным. Вторичное напряжение снижается также с увеличением емкости вторичной цепи трансформатора (емкость проводов высокого напряжения и вторичной обмотки).

Индуктивность вторичной обмотки вместе с емкостью вторичной цепи образует вторичный колебательный контур, связанный с колебательным контуром первичной цепи. При отсутствии пробоя искрового промежутка вторичное напряжение также совершит несколько затухающих колебаний. В действительности, когда вторичное напряжение достигает величины пробивного напряжения, происходит искровой разряд между электродами свечи, и колебательный процесс обрывается. Искровой разряд имеет емкостную и индуктивную фазы. Емкостная фаза разряда поддерживается за счет энергии, накопленной в электростатическом поле емкостей первичной и вторичной цепей трансформатора магнето. Продолжительность емкостной фазы разряда около  $10^{-6}$  с при силе тока в несколько десятков ампер. Разряд в индуктивной фазе происходит по сильно ионизированному каналу, созданному емкостной фазой разряда. Индуктивная фаза представляет собой тлеющий разряд длительностью в несколько миллисекунд. В этой фазе напряжение снижается приблизительно до 300 В, а сила тока не превышает нескольких десятков миллиампер.

Рабочий процесс магнето (см. рис. 6.22) состоит из трех этапов. Первый этап соответствует замыканию прерывателя и нарастанию первичного тока. С увеличением частоты вращения максимальное значение первичного тока возрастает, а максимальное значение силы тока несколько смещается в сторону запаздывания.

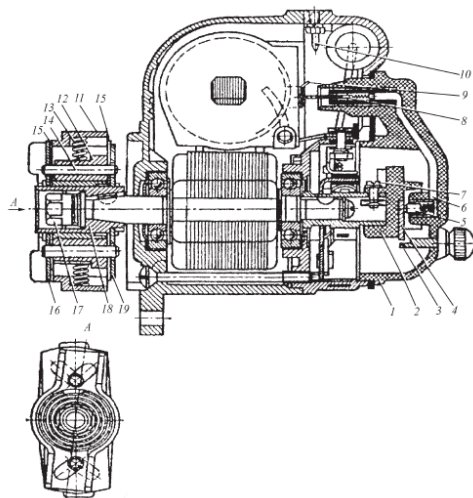
На втором этапе происходит размыкание прерывателя и индуктирование ЭДС во вторичной обмотке трансформатора. Колебательный процесс во вторичной цепи происходит настолько быстро, что можно считать вращающийся ротор магнето неподвижным и пренебречь ЭДС, индуктируемой во вторичной обмотке при вращении ротора.

Третий этап – пробой искрового промежутка. Разряд между электродами свечи протекает так же, как в батарейном зажигании. Отличительной особенностью протекания третьего этапа в системе зажигания от магнето является большая длительность индуктив-

ной фазы разряда, которая поддерживается за счет ЭДС, индуцируемой во вторичной обмотке при вращении ротора.

**6.4.2. Конструкция магнето** Конструктивная схема магнето зависит от размеров и формы вращающегося магнита, которые определяются качеством магнитного сплава. Магниты для магнето изготавливают из железо-никель-алюминиевого сплава ЮНД4 с коэрцитивной силой 40 кА/м и остаточной индукцией 0,5 тс. Удельная энергия магнита из этого сплава составляет 3600 Дж/м<sup>3</sup>.

Магнето двухцилиндровых двигателей имеют распределитель высокого напряжения. Распределитель магнето двухцилиндрового четырехтактного двигателя состоит из пластмассового бегунка 2 (рис. 6.24), закрепленного на роторе винтом 7, и крышки 1. К электроду 4 бегунка 2 высокое напряжение от вторичной обмотки подводится соединительным стальным проводником 6 через латунный подпружиненный контакт 5. С бегунка ток высокого напряжения поочередно подается к боковым электродам 3, а от них по проводам высокого напряжения к электродам свечей зажигания.



**Рис. 6.24. Двухискровое магнето:**

1 – крышка; 2 – бегунок; 3, 4 – электроды вывода, бегунка; 5 – контакт; 6 – проводник; 7 – винт; 8 – электрод; 9 – вывод катушки; 10 – электрод дополнительного разрядника; 11 – корпус муфты опережения зажигания; 12 – грузики; 13 – пружины; 14 – штифты; 15 – пластины; 16, 19 – ведущий и ведомый фланцы; 17 – гайка; 18 – втулка

Два боковых электрода 3 заканчиваются на наружной стороне выводами высокого напряжения, около которых нанесены цифры "1" и "2". К выводу "1" присоединен провод, идущий от свечи зажигания первого цилиндра, к выводу "2" – от свечи зажигания второго цилиндра.

Когда вращается ротор магнето, вместе с ним вращается и бегунок 2. Каждый раз в момент размыкания контактов прерывателя электрод 4 бегунка поочередно подходит к электродам 3 крышки распределителя. Ток высокого напряжения от вывода трансформатора течет через электрод 8 по проводнику 6 и центральному контакту 5 на электрод 4 бегунка, а с него через ведущий зазор 0,5–0,8 мм на боковой электрод 3 и по проводу – в искровую свечу зажигания.

Пройдя через зазор свечи, ток по массе возвращается во вторичную обмотку трансформатора. В случае отсоединения провода от свечи зажигания вторичное напряжение магнето может возрасти в 1,5 раза. Чтобы предохранить вторичную обмотку от пробоя, в магнето предусмотрен дополнительный искровой промежуток длиной 10–12 мм между выводом 9 высокого напряжения и специальным электродом 10 (винтом или выступом).

Двухискровое магнето за один оборот ротора образует две искры. Магнето имеет муфту опережения зажигания и распределитель. Муфта опережения зажигания автоматически изменяет УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя. В корпусе 11 муфты опережения зажигания размещены грузики 12, прижимаемые пружина-

ми 13 к оси вращения. Концами своих штифтов 14 они входят в радиальные прорезы защитных пластин 15, закрывающих корпус, и в разнонаклонные прорезы ведущего 16 и ведомого 19 фланцев. На валу ротора магнето шпонкой и гайкой закреплена втулка 18 (а на ней – ведомый фланец 19) и свободно надеты защитные пластины 15 и ведущий фланец 16, соединенный с приводом двигателя. Корпус 11, ведомый фланец 19 и защитные пластины 15 от осевого перемещения на втулке удерживаются стопорными кольцами.

При повышении частоты вращения ротора магнето грузики под действием центробежной силы, преодолевая сопротивление пружин, расходятся. Концы штифтов грузиков, перемещаясь по прорезам, поворачивают ведомую пластину вместе с втулкой, валом ротора и кулачком в сторону вращения вала ротора. Контакты прерывателя размыкаются раньше и УОЗ увеличивается. С уменьшением частоты вращения ротора грузики под действием пружины сходятся и все детали поворачиваются в противоположную сторону. Контакты прерывателя размыкаются позже и УОЗ уменьшается. В магнето для одноцилиндрового двигателя кулачковая муфта имеет один выступ, а в магнето для двухцилиндрового двигателя два выступа. Для искрообразования используют оба импульса магнитного потока за один оборот ротора.

Индукционная катушка магнето должна быть компактной. Обмотки расположены вблизи магнитопровода (массы), поэтому необходимы меры для предупреждения пробоя изоляции.

Первичную обмотку располагают непосредственно на сердечнике, что позволяет получить обмотку с минимальным сопротивлением, так как уменьшаются средняя длина витка и полная длина провода катушки. При той же величине индуктируемой в обмотке ЭДС это позволяет к моменту разрыва цепи получить большую силу тока разрыва.

Начало первичной обмотки соединяют с массой, а конец ее с выводом, который соединяют с прерывателем. Вторичную обмотку наматывают поверх первичной. На торцы катушки накладывают изоляцию из кабельной бумаги, лакоткани или гетинакса. Поверхность обмотки покрывают изоляционной лентой из лакоткани и киперной лентой с последующей пропиткой катушки с магнитопроводом в вакууме турбинным маслом. Затем ее покрывают лаком. Применяют поверхностную изоляцию из капрона и полиэтилена. Такая изоляция значительно повышает надежность работы магнето, исключая возможность пробоя изоляции.

Кулачковая муфта и прерыватель закрепляются в определенном положении относительно полюсов магнето. Это связано с тем, что прерывание первичного тока должно происходить при повороте магнето на угол, соответствующий абрису. Для того чтобы абрис и напряжение магнето не изменялись, регулировать момент зажигания следует смещением валика магнето на некоторый угол относительно приводного валика двигателя. Причем взаимное расположение прерывателя, его кулачка и ротора в магнето не изменяется, а потому абрис остается постоянным. Следовательно, при сборке магнето можно установить оптимальный абрис и напряжение магнето изменяться не будет. Такая регулировка обеспечивается при использовании центробежного регулятора, помещенного в приводной муфте магнето.

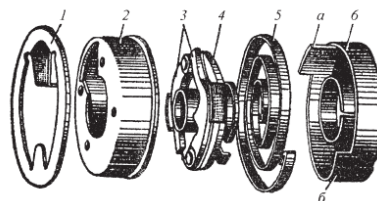
Корпус магнето отливается из цинкового сплава, заливаемого в изложницу, в которую предварительно закладывают два магнитопровода, собранных из электротехнической стали, которые являются частями магнитной цепи, направляющими магнитный поток от полюсов магнита в магнитопровод индукционной катушки. Крышка магнето также отливается из цинкового сплава.

На рис. 6.25 показано устройство пускового ускорителя, который представляет собой муфту, половинки которой соединены стальной пружиной. При пуске двигателя одна из защелок 3 цепляется за зубец диска 1 и останавливает магнит в положении, когда магнитный поток близок к наибольшему. Ведущий барабан 6 продолжает вращаться, и пружина 5 закручивается. Когда заканчивается такт сжатия, один из выступов (а или б) выведет защелку из зацепления с зубцом диска 1. Энергия, запасенная пружиной, сообщит



магниту ускорение для создания ЭДС во вторичной обмотке. На свече появляется электрический разряд, топливовоздушная смесь воспламеняется, и двигатель начинает работать. Как только частота вращения магнита будет выше 250 мин<sup>-1</sup>, центробежная сила отведет защелки и они не будут зацепляться за зубец диска 1. Действие ускорителя автоматически прекратится. Ведомый диск окажется прижатым пружиной к ведущему барабану б и ускоритель станет работать как упругая муфта привода.

Ускорители правого и левого вращения различаются противоположным расположением защелок и пружин.



**Рис. 6.25. Пусковой ускорительмагнето:**

1 – диск с зубцом; 2 – кожух ускорителя; 3 – защелка; 4 – ведомый диск; 5 – пружина; б – ведущий барабан; а, б – выступы

**6.5. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ С КОНТАКТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**  
**6.5.1. Контактнo-транзисторные системы зажигания** На первом этапе внедрения электронных систем зажигания широкое распространение получили электронные системы зажигания с контактным управлением: контактно-транзисторные и контактно-тиристорные. Принцип работы таких систем основан на накоплении энергии в магнитном поле катушки зажигания или в электростатическом поле конденсатора.

Наивыгоднейшие условия работы контактов прерывателя при одновременном увеличении силы тока разрыва первичной цепи катушки зажигания в контактно-транзисторных системах зажигания (КТСЗ) создаются благодаря разделению функций синхронизатора момента зажигания и прерывателя. Ток, проходящий через первичную катушку зажигания, прерывается транзисторным коммутатором, тогда как синхронизация зажигания с работой двигателя осуществляется контактами прерывателя.

Сила тока управления транзисторным коммутатором, проходящего через контакты прерывателя, намного меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания, поэтому в КТСЗ можно устанавливать оптимальную с точки зрения долговечности контактных пар силу прерываемого тока. В КТСЗ режим работы контактов прерывателя значительно облегчен и поэтому срок службы их больше. Увеличение силы тока разрыва первичной цепи ограничивается только параметрами силового транзистора, а не стойкостью контактов прерывателя. Однако включение в схему КТСЗ транзисторного коммутатора не полностью исключает недостатки, присущие классической контактной системе зажигания, такие как механическое изнашивание кулачка, подушечки рычажка и контактной пары прерывателя, а также невозможность воспроизведения сложных характеристик управления опережением зажигания.

**6.5.2. Схемы и принцип работы КТСЗ** При замыкании контактов (рис. 6.26) прерывателя база транзистора соединяется с массой и далее с минусовым выводом аккумуляторной батареи. По переходу эмиттер–база транзистора проходит ток  $i_b$  базы. Транзистор открывается и замыкает цепь первичной катушки зажигания. В момент размыкания контактов транзистор переходит в состояние отсечки, разрывая первичную цепь катушки зажигания. Ток  $i_1$  в первичной обмотке резко исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС, вызывающая появление тока  $i_2$  во вторичной цепи при пробое искрового промежутка между электродами свечи зажигания.

В реальных коммутаторах КТСЗ кроме силового транзистора имеются другие элементы, которые служат для улучшения условий его переключений. В схеме, приведенной на рис. 6.27, транзисторный коммутатор содержит мощный германиевый транзистор VT

(ГТ701А) типа  $p-n-p$ , стабилитрон  $VD1$ , диод  $VD2$ , резистор  $R1$ , импульсный трансформатор  $T2$  и два конденсатора  $C1$  и  $C2$ .

Первичная обмотка катушки зажигания включена в цепь эмиттер–коллектор транзистора  $VT$ . Управление транзистором осуществляется с помощью контактного прерывателя  $S2$ , включенного в цепь базы транзистора. Через замкнутые контакты прерывателя протекает ток, сила которого в  $B + 1$  раз ( $B$  – коэффициент усиления транзистора) меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания.

#### **2.4.3 Результаты и выводы:**

Изучены конструкции магнето, его маркировка и особенности конструкций.

Приведенный материал позволил узнать о разнообразии конструкций магнето.

## 2.5 Практическое занятие №5 ( 2 часа).

**Тема:** «Изучить устройство батарейной системы зажигания»

### 2.5.1 Задание для работы:

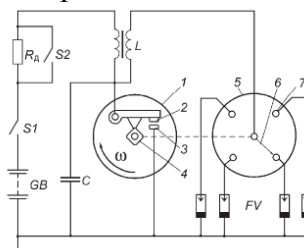
1. Изучить устройство батарейной системы зажигания.
2. Изучить особенности батарейной системы зажигания
3. Изучить недостатки батарейной системы зажигания

### 2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

**6.3. Контактной системы зажигания** Основными элементами контактной системы зажигания (рис. 6.9) являются аккумуляторная батарея, выключатель зажигания, выключатель добавочного резистора, добавочный резистор, катушка зажигания, прерывательный механизм 1, распределитель 5, конденсатор и свечи зажигания.

При вращении вала распределителя 5, связанного зубчатой передачей с коленчатым валом двигателя, кулачком 4 попеременно замыкаются и размыкаются контакты 2 и 3 прерывателя 1.

Неподвижный контакт 3 прерывателя соединен с массой, подвижный контакт 2 закреплен на конце подвижного рычажка с подушечкой из текстолита. Контакты 2, 3 находятся в замкнутом состоянии под действием пружины, если подушечка рычажка не касается кулачка. Когда подушечка попадает на грань кулачка, рычажок, преодолевая противодействие пружины, поворачивается вокруг оси, закрепленной на подвижной пластине прерывательного механизма, и контакты размыкаются.



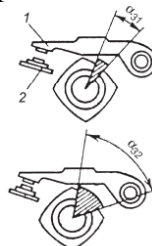
**Рис. 6.9. Схема контактной системы зажигания:**

1 – прерыватель; 2, 3 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 4 – кулачок; 5 – распределитель; 6 – бегунок; 7 – неподвижный электрод

При включении выключателя зажигания и замкнутых контактах прерывателя по цепи первичной обмотки катушки зажигания протекает ток, сила которого растет, что приводит к созданию магнитного поля. В момент размыкания контактов ток в первичной обмотке и созданное им магнитное поле исчезают. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ЭДС, тем большая, чем выше скорость исчезновения магнитного поля. В это время токопроводящая пластина ротора распределителя проходит около бокового электрода крышки распределителя, соединенного высоковольтным проводом со свечой зажигания того цилиндра, в котором заканчивается процесс сжатия топливовоздушной смеси.

Высокое вторичное напряжение подаваемого на свечу зажигания инициирует появление между ее электродами искрового разряда. Кулачок прерывателя и ротор распределителя установлены на одном валу. Частота вращения вала кулачка и ротора распределителя в два раза меньше частоты вращения коленчатого вала четырехтактного двигателя. Это связано с тем, что топливовоздушную смесь в каждом из цилиндров необходимо воспламенять только 1 раз за два оборота коленчатого вала. Число граней кулачка и боковых электродов в крышке распределителя равно числу цилиндров двигателя. Высокое напряжение к свечам зажигания подводится в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Сила тока  $I_p$  разрыва цепи первичной обмотки катушки зажигания и вторичное напряжение  $U_{2\max}$  зависят от времени замкнутого состояния контактов прерывателя. Конструктивно прерывательный механизм контактной системы устроен таким образом, что время  $t_z$  замкнутого состояния контактов непосредственно зависит от угла замкнутого состояния контактов (рис. 6.10). Величина угла  $\alpha_z$  зависит от профиля кулачка, зазора между контактами и не зависит от частоты вращения коленчатого вала, тогда как время



**Рис. 6.10. Кулачковый прерывательный механизм:**

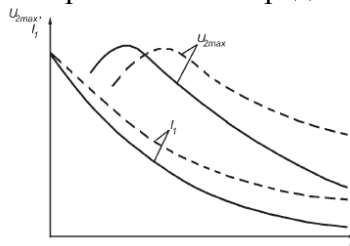
1 – контакт на подвижном рычажке; 2 – неподвижный контакт;  $\alpha_{z1}$ ,  $\alpha_{z2}$  – углы замкнутого состояния контактов соответственно при большом и малом зазорах между контактами замкнутого состояния контактов с увеличением частоты вращения уменьшается.

Поскольку в четырехтактных многоцилиндровых двигателях искрообразование во всех цилиндрах должно произойти за два оборота коленчатого вала, продолжительность  $t_{ц}$  одного цикла работы прерывателя, включающего время  $t_z$  замкнутого и время  $t_p$  разомкнутого состояния контактов, определяется по формуле

$$t_{ц} = 120 \frac{n}{Z} \text{ с.}$$

Полному циклу работы соответствует угол  $\alpha_{ц}$ . Относительное время замкнутого состояния контактов  $\alpha_z = t_z / t_{ц} = \alpha_z / \alpha_{ц}$ , поэтому справедливо равенство  $t_z = \alpha_z \cdot t_{ц} = \alpha_z \cdot 120 \frac{n}{Z} \text{ с.}$

Время замкнутого состояния контактов прерывателя, сила тока разрыва первичной цепи и вторичное напряжение уменьшаются не только при увеличении частоты вращения коленчатого вала, но и с увеличением числа цилиндров двигателя (рис. 6.11). Теоретически при малых частотах вращения коленчатого вала, когда сила тока в первичной цепи к моменту размыкания контактов почти достигает установившегося значения, значение вторичного напряжения должно стабилизироваться на определенном уровне.



**Рис. 6.11. Влияние числа цилиндров двигателя на характеристики контактной системы зажигания:**

— — — — — восемь цилиндров; — — — — — четыре цилиндра

Однако с уменьшением частоты вращения кулачка прерывателя уменьшается скорость размыкания контактов, что сопровождается усилением искрения между ними. Все большая часть энергии, накопленной в магнитном поле катушки, идет на искрообразование в прерывателе. При этом скорость исчезновения тока в первичной обмотке катушки зажигания и вторичное напряжение уменьшаются.

При размыкании контактов прерывателя в первичной обмотке катушки зажигания индуцируется ЭДС, достигающая 200–400 В и направленная в ту же сторону, что и ток первичной обмотки. ЭДС стремится задержать исчезновение тока и также вызывает образование дуги между контактами и снижает вторичное напряжение.

Дугообразование практически устраняется при подключении параллельно контактам прерывателя конденсатора. Конденсатор совместно с первичной обмоткой катушки зажигания образует колебательный контур. При появлении ЭДС в первичной обмотке конденсатор заряжается, а в последующий период разряжается через катушку и аккумуляторную батарею. Колебательный контур обеспечивает более быстрое снижение силы тока первичной цепи и индуктирование достаточно высокой ЭДС во вторичной обмотке катушки зажигания.

Характеристики контактной системы зажигания улучшаются при включении в цепь первичной обмотки добавочного резистора. На рабочих режимах добавочный резистор снижает тепловые потери в катушке зажигания. При включении электростартера во время пуска двигателя, когда напряжение на выводах аккумуляторной батареи падает из-за большой силы разрядного тока, добавочный резистор замыкается накоротко.

Добавочные резисторы из нихромовой или константановой проволоки, наматываемой на керамический изолятор, могут быть установлены на катушке зажигания и выполнены в виде отдельного элемента.

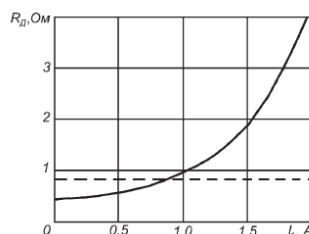
Сопротивление добавочного резистора из константана МНМц40 1,5 почти не зависит от температуры (рис. 6.12). Резистор из никелевой проволоки дополнительно защищает первичную цепь катушки зажигания от перегрузок при низких частотах вращения коленчатого вала.

В таком случае он действует как вариатор. При малой частоте вращения коленчатого вала из-за большей продолжительности замкнутого состояния контактов прерывателя растут сила тока в первичной цепи катушки зажигания и температура нагрева добавочного резистора. При увеличении частоты вращения коленчатого вала добавочный резистор автоматически снижает сопротивление первичной цепи и тем самым препятствует значительному снижению силы тока размыкания и вторичного напряжения.

**6.3.2. Регулирование угла опережения зажигания** Для регулирования УОЗ в контактной системе используются автоматические механические регуляторы. Автоматическое изменение УОЗ от частоты вращения коленчатого вала обеспечивает центробежный регулятор, а в зависимости от нагрузки двигателя – вакуумный регулятор.

**Центробежный регулятор.** На приводном валу 4 (рис. 6.13) регулятора закреплена пластина с осями 7, вокруг которых могут поворачиваться грузики 3, связанные между собой пружинами. Привод кулачка 1 прерывательного механизма от вала 4 осуществляется через грузики со штифтами 5, которые входят в прорези поводковой пластины 2, жестко прикрепленной к втулке кулачка.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала и вала 4 распределителя грузики под действием центробежных сил преодолевают сопротивление пружин 6 и расходятся в стороны. Штифты грузиков, передвигаясь в прорезях поводковой пластины, поворачивают ее и кулачок прерывательного механизма в направлении вращения вала распределителя. Контакты прерывателя размыкаются раньше и УОЗ увеличивается.



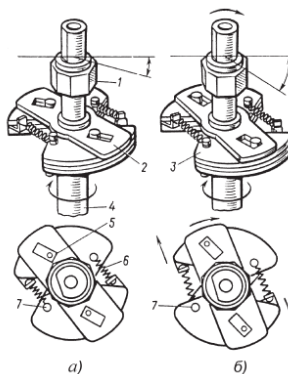
**Рис. 6.12. Зависимость сопротивления добавочного резистора  $R_d$  от силы тока первичной цепи  $I_1$  при изготовлении резистора из различных материалов:**

\_\_\_\_\_ – никеля НП2; ———— – константана МНМц40\_1,5

При достижении определенной частоты вращения коленчатого вала грузики полностью расходятся и УОЗ, несмотря на дальнейшее увеличение частоты вращения коленча-

того вала, остается неизменным. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала грузики под действием пружин возвращаются в исходное положение.

В центробежном регуляторе (рис. 6.14, *а, б*) грузики 2, преодолевая сопротивление пружины 1, под действием центробежных сил поворачиваются вокруг своих осей и воздействуют на траверсу 5 кулачка 6. С увеличением частоты вращения приводного вала увеличивается центробежная сила и угол поворота грузиков и кулачка. Максимальный угол поворота кулачка ограничен упорами. В исходное положение грузики возвращаются под действием пружин, от жесткости которых зависит крутизна характеристики центробежного регулятора (рис. 6.14, *в*).

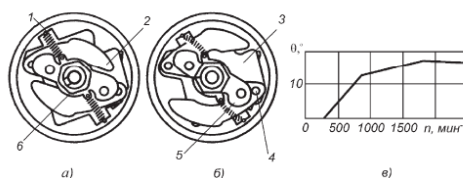


**Рис. 6.13. Центробежный регулятор при положении грузиков:**

*а* – во время работы двигателя в режиме холостого хода; *б* – при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя; 1 – кулачок; 2 – пластина втулки кулачка; 3 – грузик; 4 – приводной вал; 5 – штифт; 6 – пружина; 7 – ось грузика

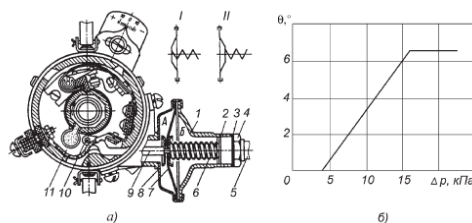
Характеристика регулятора представляет собой зависимость угла от частоты вращения коленчатого вала.

**Вакуумный регулятор.** Герметичная полость *Б* (рис. 6.15, *а*) вакуумного регулятора отделена от окружающей среды гибкой мембраной 7, которая тягой 9 шарнирно соединена с подвижной пластиной 11 прерывателя. Полость *Б* регулятора через трубку 5 сообщается с задрессельным пространством карбюратора.



**Рис. 6.14. Центробежный регулятор УОЗ и его характеристика:**

*а* и *б* – положения грузиков соответственно при малой и большой частотах вращения коленчатого вала двигателя; *в* – характеристика регулятора; 1 – пружина; 2 – грузик; 3 – подвижная пластина; 4 – ось вращения грузика; 5 – траверса; 6 – кулачок



**Рис. 6.15. Вакуумный регулятор:**

*а* – конструкция; *б* – характеристика; 1 – крышка корпуса; 2 – регулировочная прокладка; 3 – уплотнительная прокладка; 4 – штуцер крепления трубки; 5 – трубка; 6 – пружина; 7 – мембрана; 8 – корпус регулятора; 9 – тяга; 10 – ось тяги; 11 – подвижная пластина прерывателя; *I* и *II* – положение мембраны регулятора соответственно при большей и меньшей нагрузке на двигатель; *А* и *Б* – полости регулятора

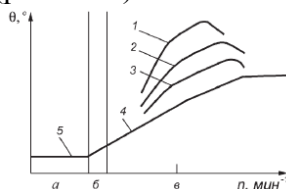


В полости *A* поддерживается давление окружающей среды. При уменьшении нагрузки двигателя дроссельная заслонка прикрывается. Степень вакуума  $p$  в полости *B* увеличивается. При изменении степени вакуума мембрана 7, преодолевая усилие пружины 6, перемещается и тяга 9 поворачивает подвижную пластину 11 вместе с прерывателем против направления вращения кулачка. УОЗ увеличивается (рис. 6.15, б).

В режиме холостого хода двигателя дроссельная заслонка перекрывает отверстие, через которое полость *B* сообщается с задроссельным пространством. Степень вакуума в полости *B* будет небольшой: вакуумный регулятор не работает.

**Октан\_корректор.** При использовании топлива с меньшим октановым числом УОЗ следует уменьшить. В противном случае возможно появление детонации. Для предотвращения детонации служит октанкорректор, позволяющий вручную поворачивать корпус распределителя. Вместе с корпусом поворачивается подвижная пластина прерывательного механизма относительно кулачка и изменяется момент размыкания контактов.

Рассмотренные устройства для регулирования УОЗ независимо друг от друга воздействуют на различные элементы распределителя: центробежный регулятор поворачивает кулачок прерывателя; вакуумный регулятор – подвижную пластину прерывателя, а октан-корректор – корпус распределителя. Действительный УОЗ складывается из угла начальной установки октан-корректором и углов, автоматически устанавливаемых центробежным и вакуумным регуляторами (рис. 6.16).



**Рис. 6.16. Изменение УОЗ при совместной работе регуляторов:**

*a* – область пуска двигателя; *б* – область работы двигателя в режиме холостого хода; *в* – рабочая область; 1, 2, 3 – при 0,25; 0,5 и 0,75 нагрузки на двигатель соответственно; 4 – при полной нагрузке (вакуумный регулятор не работает); 5 – установочный УОЗ

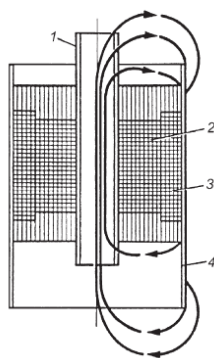
**6.3.3. Конструкция аппаратов контактной системы зажигания. Катушки зажигания.** В контактных системах зажигания применяются катушки зажигания с разомкнутой магнитной цепью (рис. 6.17), в которых значительную часть пути магнитный поток проходит по воздуху. Первичная обмотка 3 катушки намотана поверх вторичной обмотки 2. В данном случае обеспечиваются лучшие условия охлаждения катушки и уменьшается масса провода вторичной обмотки. Обмотки имеют автотрансформаторную связь. Так как первичная и вторичная обмотки соединены внутри катушки и имеют общий вывод, число выводов катушки уменьшено. Кроме того, первичная обмотка, включенная последовательно со вторичной обмоткой, участвует в создании высокого вторичного напряжения.

Большинство катушек зажигания – маслонаполненные, так как они более надежны в эксплуатации.

Кроме того, обмотки могут быть залиты компаундом. В основном катушки зажигания контактных систем имеют аналогичную конструкцию, но могут отличаться обмоточными данными, конструкцией отдельных узлов и деталей, габаритными и установочными размерами.

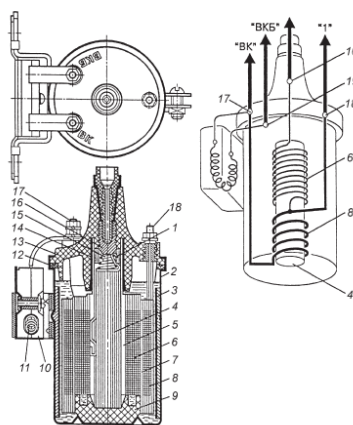
Основными частями типовой катушки зажигания (рис. 6.18) являются сердечник 4, первичная 8 и вторичная 6 обмотки, крышка 13 с выводами 16–19, корпус 2 и наружный магнитопровод 3. Сердечник 4 катушки набран из изолированных друг от друга окалиной пластин трансформаторной стали. На сердечник надета изолирующая трубка, на которую намотана вторичная обмотка 6. Внутри штампованного из листовой стали корпуса 2 установлен наружный магнитопровод 3 из листовой стали.





**Рис. 6.17. Катушка зажигания с разомкнутой магнитной цепью:**

1 – магнитопровод; 2 – вторичная обмотка; 3 – первичная обмотка; 4 – наружный магнитопровод; — — линия магнитного потока



**Рис. 6.18. Катушка зажигания:**

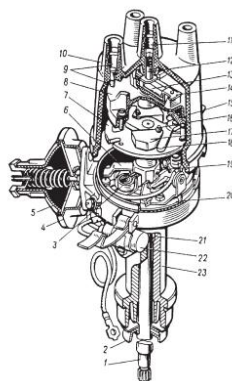
1 – пластина; 2 – корпус; 3 – магнитопровод; 4 – сердечник; 5 – изолирующая трубка; 6, 8 – вторичная и первичная обмотки; 7 – изоляция между обмотками; 9 – изолятор; 10 – изолятор дополнительного резистора; 11 – добавочный резистор; 12 – резиновое уплотнительное кольцо; 13 – пластмассовая крышка; 14 – изоляционная втулка; 15 – пружина; 16 – вывод; 17 – вывод "ВК"; 18 – вывод "1"; 19 – вывод "ВКБ"

К корпусу крепится добавочный резистор 11, расположенный в изоляторе 10. Благодаря более высоким характеристикам системы электростартерного пуска двигателей автомобилей ВАЗ в их контактных системах зажигания добавочный резистор отсутствует. Фарфоровый изолятор 9 и крышка 13 предотвращают электрический пробой между корпусом и сердечником. Слои вторичной обмотки изолированы друг от друга конденсаторной бумагой. Первые и последние несколько рядов, где возникают потенциалы наибольшей величины, изолируются четырьмя – шестью слоями бумаги. Один конец вторичной обмотки соединен с выводом 16 высокого напряжения через сердечник и контактную пружину 15. В зависимости от типа катушки число витков может находиться в пределах 180–330 для первичной и 17000–26000 для вторичной обмоток. Для намотки используется провод диаметром 0,72–0,86 мм для первичной и 0,06–0,08 мм для вторичной обмоток. Соответственно коэффициент трансформации катушек контактных систем зажигания лежит в пределах 56–97.

**Распределитель зажигания.** Распределитель зажигания конструктивно объединяет в себе прерыватель, распределитель, конденсатор и устройства для регулирования УОЗ. Обычно вал распределителя приводится во вращение от распределительного вала двигателя или от вала привода масляного насоса через шлицевую шестеренчатую или кулачковую передачи. В некоторых конструкциях распределителей не устанавливается вакуумный регулятор.

На рис. 6.19 приведен четырехискровой распределитель 30.3706. Наиболее ответственный узел распределителя – прерывательный механизм с подвижной пластиной 20, от которого зависит работоспособность всей системы зажигания. Надежность работы прерывательного механизма обеспечивается рациональной конструкцией рычажка и правильно спрофилированной поверхностью кулачка.

Для уменьшения износа металлокерамических втулок 21, в которых вращается вал 1 распределителя, прерывательный механизм и кулачок 19 расположены под центробежным регулятором. Контакты прерывателя подвержены эрозии и коррозии. Эрозия сопровождается переносом металла с одного контакта на другой. Коррозия приводит к образованию на контактах оксидных пленок. При переносе металла изменяется зазор между контактами, от величины которого зависят угол и время замкнутого состояния контактов. У большинства распределителей контактных систем зажигания зазора составляет 0,35–0,45 мм. В наименьшей степени электроэрозии подвержены контакты из вольфрама. Они не свариваются и благодаря высокой твердости малоизнашиваются.



**Рис. 6.19. Распределитель 30.3706:**

1 – вал; 2 – маслоотражательная муфта; 3 – фальц; 4 – вакуумный регулятор; 5 – мембрана; 6 – тяга вакуумного регулятора; 7 – поводковая пластина кулачка; 8 – ротор; 9 – боковой электрод и вывод крышки; 10 – крышка распределителя; 11 – центральный вывод крышки; 12 – угольный контакт с пружиной; 13 – помехоподавительный резистор; 14 – электрод ротора; 15 – пружина; 16 – ось грузика; 17 – грузик; 18 – поводковая пластина грузиков; 19 – кулачок; 20 – подвижная пластина прерывателя; 21 – втулка; 22 – конденсатор; 23 – корпус

На корпусе 23 распределителя 30.3706 из алюминиевого сплава установлен конденсатор 22. На поводковой пластине кулачка 19 закреплен ротор 8 с помехоподавительным резистором 13 и электродом 14. В центре крышки 10 установлен угольный контакт 12 с пружиной. Крышка закреплена на корпусе распределителя с помощью двух пружинных защелок. Маслоотражательная муфта 2 предотвращает проникновение в распределитель моторного масла. На роторе (рис. 6.20) распределителя закреплен электрод с центральным 1 и наружным 3 контактами. Ротор закрепляется в определенном положении. В центральный контакт упирается подпружиненный угольный электрод 4, передающий импульсы высокого вторичного напряжения от катушки зажигания к ротору. При вращении ротора импульсы передаются от наружного контакта 3 ротора к боковым электродам в крышке и далее к свечам зажигания.

### 2.5.3 Результаты и выводы:

Изучены схемы батарейной системы зажигания и её.

Приведенный материал позволил узнать о разнообразии схем зажигания.

## 2.6 Практическое занятие №6 ( 2 часа).

**Тема:** «Изучить устройство контактно-транзисторной системы зажигания»

### 2.6.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство контактно-транзисторной системы зажигания.
2. Изучить особенности контактно-транзисторной системы зажигания
3. Изучить недостатки контактно-транзисторной системы зажигания

### 2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

#### 3.6.3. Контактно-транзисторная система зажигания

На первом этапе внедрения электронных систем зажигания широкое распространение получили электронные системы зажигания с контактным управлением: контактно-транзисторные и контактно-тиристорные. Принцип работы таких систем основан на накоплении энергии в магнитном поле катушки зажигания или в электростатическом поле конденсатора.

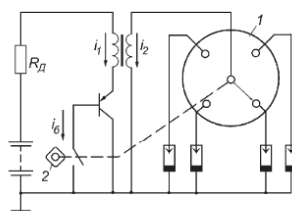
Наивыгоднейшие условия работы контактов прерывателя при одновременном величении силы тока разрыва первичной цепи катушки зажигания в контактно-транзисторных системах зажигания (КТСЗ) создаются благодаря разделению функций синхронизатора момента зажигания и прерывателя. Ток, проходящий через первичную катушку зажигания, прерывается транзисторным коммутатором, тогда как синхронизация зажигания с работой двигателя осуществляется контактами прерывателя.

Сила тока управления транзисторным коммутатором, проходящего через контакты прерывателя, намного меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания, поэтому в КТСЗ можно устанавливать оптимальную с точки зрения долговечности контактных пар силу прерываемого тока. В КТСЗ режим работы контактов прерывателя значительно облегчен и поэтому срок службы их больше. Увеличение силы тока разрыва первичной цепи ограничивается только параметрами силового транзистора, а не стойкостью контактов прерывателя. Однако включение в схему КТСЗ транзисторного коммутатора не полностью исключает недостатки, присущие классической контактной системе зажигания, такие как механическое изнашивание кулачка, подушечки рычажка и контактной пары прерывателя, а также невозможность воспроизведения сложных характеристик управления опережением зажигания.

При замыкании контактов (рис. 6.26) прерывателя база транзистора соединяется с массой и далее с минусовым выводом аккумуляторной батареи. По переходу эмиттер–база транзистора проходит ток  $i_b$  базы. Транзистор открывается и замыкает цепь первичной катушки зажигания.

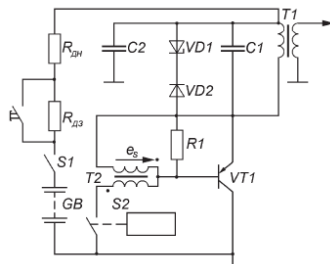
В момент размыкания контактов транзистор переходит в состояние отсечки, разрывая первичную цепь катушки зажигания. Ток  $i_1$  в первичной обмотке резко исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС, вызывающая появление тока  $i_2$  во вторичной цепи при пробое искрового промежутка между электродами свечи зажигания. В реальных коммутаторах КТСЗ кроме силового транзистора имеются другие элементы, которые служат для улучшения условий его переключений. В схеме, приведенной на рис. 6.27, транзисторный коммутатор содержит мощный германиевый транзистор  $VT$  (ГТ701А) типа  $p-n-p$ , стабилитрон  $VD1$ , диод  $VD2$ , резистор  $R1$ , импульсный трансформатор  $T2$  и два конденсатора  $C1$  и  $C2$ .

Первичная обмотка катушки зажигания включена в цепь эмиттер–коллектор транзистора  $VT$ . Управление транзистором осуществляется с помощью контактного прерывателя  $S2$ , включенного в цепь базы транзистора. Через замкнутые контакты прерывателя протекает ток, сила которого в  $B + 1$  раз ( $B$  – коэффициент усиления транзистора) меньше силы тока первичной обмотки катушки зажигания.



**Рис. 6.26. Схема КТСЗ:**

1 – распределитель; 2 – кулачок прерывателя



**Рис. 6.27. Схема КТСЗ с транзисторным коммутатором ТК102**

Когда контакты прерывателя замкнуты, транзистор находится в состоянии насыщения, и увеличение силы тока в первичной обмотке катушки зажигания происходит так же, как в классической контактной системе зажигания.

После размыкания контактов прерывателя и перехода транзистора в состояние отсечки накопленная в магнитном поле катушки зажигания энергия преобразуется в импульс высокого вторичного напряжения, подаваемого через распределитель на очередную свечу зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

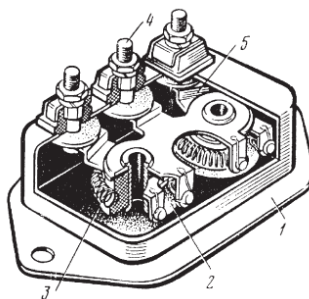
Импульсный трансформатор  $T2$ , включенный последовательно с контактным прерывателем, при размыкании контактов обеспечивает отрицательное смещение на переходе эмиттер–база транзистора, ускоряя его переход из состояния насыщения в состояние отсечки. Отрицательное смещение возникает при индуктировании ЭДС взаимной индукции  $e_s$  во вторичной обмотке трансформатора  $T2$ . Резистор  $R1$  служит для формирования необходимого запирающего импульса транзистора. Когда транзистор переходит в состояние отсечки, в первичной обмотке катушки зажигания также индуктируется достаточно высокая ЭДС. Для исключения перенапряжения на транзисторе параллельно его эмиттер–коллекторному переходу подключена цепочка стабилизации  $VD1$ – $VD2$ . Напряжение стабилизации стабилитрона  $VD1$  около 80 В. Если ЭДС самоиндукции в первичной обмотке катушки зажигания превысит напряжение стабилизации, то ток, вызванный этой ЭДС, замыкается через открытый стабилитрон  $VD1$  и диод  $VD2$ . Диод  $VD2$  препятствует прохождению через стабилитрон тока от аккумуляторной батареи.

Стабилитрон  $VD1$  обеспечивает также защиту транзистора от высоковольтных импульсов напряжения, которые могут возникнуть на его эмиттер–коллекторном переходе при отключении нагрузки во вторичной цепи, например при техническом обслуживании системы зажигания. Если ЭДС самоиндукции в первичной обмотке катушки зажигания меньше напряжения стабилизации стабилитрона  $VD1$ , то ток, создаваемый этой ЭДС, идет на заряд конденсатора  $C1$ , подключенного параллельно первичной обмотке. В результате мощность, выделяемая в транзисторе при его переходе в состояние отсечки, и температура его нагрева уменьшаются. В результате предотвращается лавинообразный процесс умножения носителей заряда и пробой транзистора, связанный с его локальным перегревом. Электролитический конденсатор  $C2$  защищает систему зажигания от случайных импульсных перенапряжений в бортовой сети (например, при работе КТСЗ с отключенной аккумуляторной батареей).

**6.5.3. Конструкция аппаратов КТСЗ** Катушка зажигания КТСЗ. В отличие от катушек зажигания контактной системы зажигания в КТСЗ катушка Б114Б имеет трансфор-

маторную связь с повышенным коэффициентом трансформации и меньшую индуктивность первичной обмотки. Уменьшение числа витков первичной обмотки и ее индуктивности необходимо для снижения ЭДС самоиндукции в ней и предотвращения пробоя транзистора. Катушки контактных систем зажигания и КТСЗ не взаимозаменяемы. **Добавочный резистор.** По условиям нагрева катушки мощность потерь в ней не должна превышать предельно допустимый уровень. Поскольку в КТСЗ сила тока разрыва первичной цепи катушки зажигания повышена по сравнению с классической контактной системой зажигания, то во избежание перегрева первичной обмотки ее сопротивление уменьшено, что потребовало введения в цепь питания катушки добавочного резистора, состоящего из двух резисторов  $R_{дн}$  и  $R_{дз}$  (см. рис. 6.27). Резистор  $R_{дн}$  включен в цепь первичной обмотки постоянно.

Резистор  $R_{дз}$  при пуске двигателя так же, как и в контактной системе, замыкается накоротко контактами реле включения или тягового реле стартера, чем обеспечивается компенсация снижения напряжения аккумуляторной батареи, работающей в стартерном режиме разряда. Оба резистора  $R_{дн}$  и  $R_{дз}$  размещены в одном корпусе 1 (рис. 6.28). Каждый резистор выполнен в виде спиралей 3 из константановой проволоки, закрепленных на изоляторах 2.



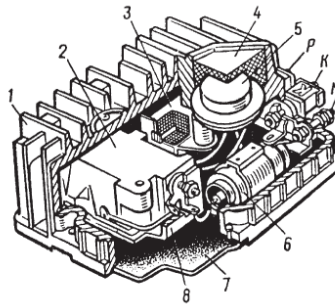
**Рис. 6.28. Добавочный резистор СЭ107:**

1 – корпус; 2 – фарфоровый изолятор; 3 – спираль резистора; 4 – вывод; 5 – пластина

Блок резисторов имеет три вывода  $K$ ,  $BK$ ,  $BK-B$ , к которым пластинами 5 присоединены концы резисторов.

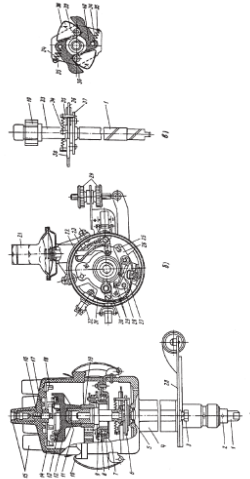
**Транзисторный коммутатор КТСЗ.** Транзисторный коммутатор ТК102 (рис. 6.29) имеет литой алюминиевый корпус 1 с ребристой поверхностью для лучшего теплоотвода. Внутри корпуса размещены конденсатор 6, импульсный трансформатор 3 и блок 2, залитый полиэфирным компаундом, в котором размещены остальные элементы коммутатора. Теплоотвод 8 предотвращает перегрев стабилитрона. Транзистор 5 находится в углублении корпуса. В первых конструкциях транзистор заливался эпоксидной смолой. Снизу к корпусу 1 коммутатора заклепками прикреплено металлическое основание 7. Выводы  $P$ ,  $K$ ,  $M$  и один вывод без обозначения находятся на колодке, установленной на боковой стенке корпуса. Поскольку германиевый транзистор ГТ701А имеет низкую максимальную рабочую температуру ( $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), коммутатор устанавливается в кабине водителя.

**Распределитель КТСЗ.** Распределители КТСЗ выполняют те же функции, что и распределители классической контактной системы зажигания и аналогичны по конструкции, однако отличаются отсутствием конденсатора. В роторе 12 (рис. 6.30) распределителя Р137 установлен помехоподавительный резистор 13. Регулирование УОЗ осуществляется центробежным и вакуумным автоматами в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Начальный УОЗ устанавливается с помощью гаек 24 октан-корректора.



**Рис. 6.29. Транзисторный коммутатор ТК102:**

1 – алюминиевый корпус; 2 – блок; 3 – импульсный трансформатор; 4 – эпоксидная смола; 5 – транзистор; 6 – конденсатор; 7 – основание; 8 – теплоотвод



**Рис. 6.30. Распределитель P137:**

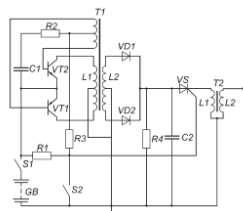
*a* – общий вид; *б* – центробежный регулятор; *в* – вид сверху; 1 – вал; 2 – муфта; 3 – болт крепления октан\_корректора; 4 – корпус; 5 – бронзовая втулка; 6 – центробежный регулятор; 7 – подшипник; 8 – неподвижный диск; 9 – подвижный диск; 10 – защелка; 11, 30 – фильцы; 12 – ротор; 13 – резистор; 14 – крышка; 15 – выводы; 16 – пружина; 17 – контактный диск; 18 – электрод крышки; 19 – кулачок; 20 – октан-корректор; 21 – вакуумный регулятор; 22 – тяга; 23 – проводник, соединяющий подвижный диск с корпусом; 24 – гайка; 25 – эксцентрик; 26 – держатель неподвижного контакта; 27 – рычажок; 28 – винт; 29 – контакты; 31 – проводник; 32 – вывод; 33 – втулка кулачка; 34 – пружина; 35 – стойка поводковой пластины; 36, 37 – поводковые пластины кулачка и грузиков; 38 – грузик; 39 – ось грузика; 40 – штифт на поводковой пластине кулачка

Требуемая характеристика центробежного регулятора обеспечивается соответствующей конфигурацией грузиков 38 и жесткостью пружин 34.

**6.5.4. Тиристорные системы зажигания** В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора функцию электронного реле выполняют тиристоры, управляемые контактным прерывателем, поэтому такие системы называют контактно-тиристорными. Известны системы с импульсным и с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле.

Система с непрерывным накоплением энергии (рис. 6.31) содержит двухтактный преобразователь напряжения, состоящий из двух транзисторов *VT1* и *VT2*, трансформатора *T1*, резисторов *R2* и *R3* и конденсатора *C1*. Двухполупериодный выпрямитель с нулевой точкой (диоды *VD1* и *VD2*) служит для выпрямления выходного напряжения преобразователя. Выпрямитель нагружен накопительным конденсатором *C2*, параллельно которому подключен резистор *R4*. Тиристор *VS* прерывает ток в первичной обмотке *L1* катушки зажигания (трансформатор *T2*). Управление тиристором осуществляется контактным *S2* синхронизатором момента зажигания.



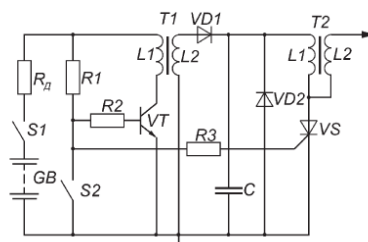


**Рис. 6.31. Тиристорная система зажигания с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора**

При замыкании контактов  $S1$  выключателя зажигания срабатывает двухтактный преобразователь напряжения. На выводах вторичной обмотки  $L2$  трансформатора  $T1$  появляется переменное напряжение прямоугольной формы с амплитудой 200–500 В. Выпрямленное постоянное напряжение подается на заряд накопительного конденсатора  $C2$ , если контакты  $S2$  синхронизатора момента зажигания замкнуты. Тиристор находится в закрытом состоянии, так как его цепь управления шунтирована замкнутыми контактами  $S2$  синхронизатора. В момент размыкания контактов  $S2$  синхронизатора напряжение от аккумуляторной батареи  $GB$  подается через резистор  $R1$  к управляющему электроду тиристора  $VS$ . Через открытый тиристор происходит разряд конденсатора  $C2$  на первичную обмотку  $L1$  катушки зажигания  $T2$ , вследствие чего в ее вторичной обмотке  $L2$  индуцируется высокая ЭДС. При соответствующем подборе параметров элементов рассмотренной системы зажигания можно на всех режимах работы двигателя обеспечить полный заряд конденсатора и получить практически не зависящее от частоты вращения коленчатого вала двигателя вторичное напряжение. Цепочка  $C1-R2$  обеспечивает надежный пуск транзисторного преобразователя.

В системе с импульсным накоплением энергии при замыкании контактов  $S1$  (рис. 6.32) выключателя зажигания и размыкания контактов  $S2$  синхронизатора момента зажигания на базу транзистора  $VT$  подается положительный импульс напряжения от аккумуляторной батареи  $GB$ . Транзистор переходит в состояние насыщения, пропуская через эмиттер-коллекторный переход и первичную обмотку  $L1$  трансформатора ток, создающий магнитное поле в трансформаторе. В момент замыкания контактов  $S2$  синхронизатора цепь базы транзистора  $VT$  замыкается накоротко, транзистор переходит в состояние отсечки, ток в обмотке  $L1$  трансформатора исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС.

**Рис. 6.32. Тиристорная система зажигания с импульсным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора**



В это время замкнутые

контакты  $S2$  синхронизатора шунтируют цепь управления тиристором. Тиристор закрыт, а конденсатор  $C$  через диод  $VD1$  заряжается до напряжения 200–400 В.

При следующем замыкании контактов  $S2$  синхронизатора к управляющему электроду тиристора через резисторы  $Rд$ ,  $R1$ ,  $R3$  подается напряжение от аккумуляторной батареи. Тиристор открывается. Ток разряда конденсатора проходит через первичную обмотку  $L1$  катушки трансформатора и на выводах вторичной обмотки появляется импульс высокого напряжения, подаваемого на свечу зажигания.

В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора обеспечивается более высокая скорость нарастания вторичного напряжения, что делает ее менее чувствительной к наличию шунтирующих резисторов нагара свечей зажигания. Однако вследствие высокой скорости роста вторичного напряжения возрастает напряжение пробоя по сравнению с системами с накоплением энергии в магнитном поле. Кроме того, из-за сокращения длительности индуктивной составляющей искрового разря-



да ухудшаются воспламенение и сгорание топливовоздушной смеси при пуске двигателя и работе его на режимах частичных нагрузок.

### **2.6.3 Результаты и выводы:**

Изучены схемы контактно-транзисторной системы зажигания и её особенности.

Приведенный материал позволил узнать о разнообразии контактно-транзисторной системы зажигания.

## **2.7 Практическое занятие №7 ( 2 часа).**

**Тема:** «Изучить схему электрооборудования отечественного автомобиля»

### **2.7.1 Задание для работы:**

1. Изучить схему электрооборудования автомобиля Газ 33021

### **2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:**

При освоении новых моделей автомобилей и тракторов их электрооборудование претерпевает существенные изменения. Количество изделий электротехнического и электронного оборудования на автомобилях и тракторах постоянно возрастает. Электростартерный пуск двигателя, подготовка и зажигание топливо воздушной смеси, обеспечение безопасности движения автомобиля и выполнения технологических операций на тракторе, осуществление автоматического контроля работы отдельных агрегатов и узлов, а также автомобиля и трактора в целом, обеспечение комфортных условий для работы тракториста и водителя автомобиля, а также для пассажиров – все это далеко не полный перечень функций, выполняемых электротехническими и электронными устройствами.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития авто-тракторостроения является более широкое применение электронных и микропроцессорных систем управления. Достигнутый уровень конструктивного исполнения и технологических методов изготовления изделий микроэлектроники позволяет обеспечить малые габаритные размеры и массу электронных и микропроцессорных блоков управления, датчиков и исполнительных механизмов, а также высокие показатели надежности их работы в сложных условиях эксплуатации автомобилей и тракторов. По сравнению с механическими, пневматическими, гидравлическими системами электронные системы отличаются высоким быстродействием и обладают способностью многопараметровой оптимизации рабочих процессов.

Применение электроники для оптимизации рабочих процессов в двигателе позволяет снизить расход топлива, уровень токсичности отработавших газов, объединить электронные системы впрыскивания топлива, зажигания и другие системы в одну комплексную систему управления двигателем. Повышение топливной экономичности двигателей обеспечивается за счет оптимального регулирования состава топливовоздушной смеси и опережения зажигания. Одним из способов снижения токсичности двигателей является автоматическое поддержание стехиометрического состава топливовоздушной смеси наряду с применением трехкомпонентного каталитического нейтрализатора. Снижению расхода топлива и токсичности отработавших газов способствует применение управляемых электронными блоками экономайзеров принудительного холостого хода.

В автотракторном электрооборудовании трудно выделить системы, в которых не используются электронные устройства. В генераторы переменного тока встраиваются полупроводниковые выпрямители и электронные регуляторы напряжения, изготавливаемые методами интегральной технологии. Элементы электронной автоматики находят применение в системах блокировки электростартеров, в системах "стоп-старт", в устройствах для облегчения пуска двигателей при низких температурах.

В системах очистки ветрового и заднего стекол и фарочистки, в электронасосах, стеклоомывателях, электроventильаторах и стеклоподъемниках, в системах блокировки дверей, подъема антенны, перемещения сидений и т.д. широко используется автоматизированный электропривод с электронными управляющими устройствами.

Разработаны и используются на современных автомобилях системы автоматического поддержания скорости движения, электронные системы управления коробкой передач.

Повышение безопасности движения и комфорта обеспечивается установкой на автомобиле антиблокировочных, противобуксовочных систем, радарных систем предотвраще-

ния столкновений, электронных контрольно-диагностических систем, автоматически управляемых фар головного освещения, кондиционеров и т.д.

Решение ряда транспортных задач связывают с установкой на автомобилях навигационной аппаратуры. На многих автомобилях применяются бортовые системы контроля, маршрутные компьютеры.

Прогнозируется установка на автомобиле центральной ЭВМ, которая обеспечит управление автомобилем как автономно, так и на основе внешней связи (мобильной, спутниковой) с командным пунктом управления транспортными потоками.

Электрооборудование автомобилей и тракторов представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электрических и электронных устройств. К автотракторному электрооборудованию относят следующие системы и устройства:

- электроснабжения;
- электростартерного пуска двигателя;
- зажигания;
- освещения, световой и звуковой сигнализации;
- информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов;
- электропривода;
- подавления радиопомех;
- электронного управления системами и агрегатами автомобиля и трактора.

В *систему электроснабжения* входят генераторная установка и аккумуляторная батарея.

*Система электростартерного пуска двигателя* включает в себя аккумуляторную батарею, электростартер, реле управления (дополнительные реле и реле блокировки) и электротехнические устройства облегчения пуска двигателя.

*Система зажигания* обеспечивает воспламенение рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей искрой высокого напряжения, возникающей между электродами свечи зажигания. Помимо свечей к системе зажигания относятся катушки зажигания, прерыватели-распределители, транзисторные коммутаторы, электронные блоки управления (контроллеры), добавочные резисторы, высоковольтные провода, наконечники свечей и т.д. *Система освещения и световой сигнализации* объединяет осветительные приборы (фары головного и рабочего освещения), светосигнальные фонари (габаритные огни, указатели поворота, сигналы торможения, фонари заднего хода и др.) и различные реле управления ими.

*Система информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов* включает в себя датчики и указатели давления, температуры, уровня топлива в баке, спидометр, тахометр, сигнальные (контрольные) лампы и т.д. На автомобиле может быть установлена бортовая система контроля с компьютером.

*Электропривод* (электродвигатели, моторедукторы, мотонасосы, электромагниты) находит все большее применение в системах стеклоочистки, отопления, вентиляции, предпускового подогрева двигателя, в стеклоподъемниках, в системах подъема и опускания антенны, в устройствах блокировки дверей, в исполнительных механизмах электронных систем.

Используется разнообразная коммутационная и защитная аппаратура: выключатели, переключатели, реле различного назначения, контакторы, предохранители и блоки предохранителей, соединительные панели и разъемные соединения.

Расширяется применение электронных систем впрыскивания топлива, антиблокировочных, противобуксовочных и навигационных систем, систем предотвращения столкновений.

Число и мощность потребителей электроэнергии на автомобилях и тракторах постоянно увеличиваются, соответственно возрастает мощность источников электрической

энергии. На смену устаревшему электрооборудованию приходят новые, более сложные по конструкции и схемным решениям электрические и электронные изделия и системы.

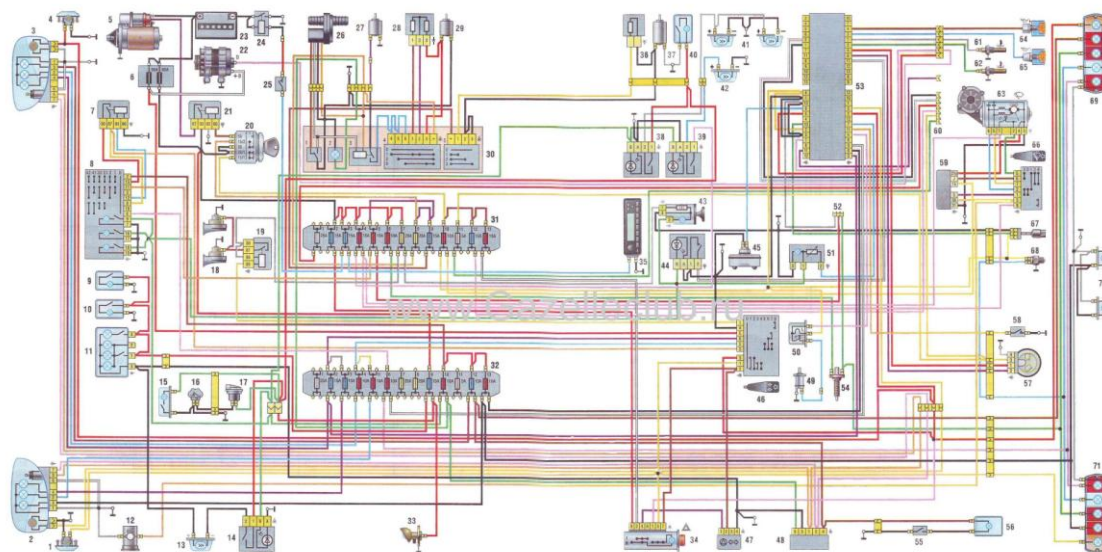


Схема автомобиля Газ 33021.

От совершенства конструкции и технического состояния электрооборудования зависят эксплуатационная надежность и производительность автомобиля и трактора.

**1.2.** Условия работы электрооборудования зависят от климатической зоны эксплуатации и места установки отдельных изделий на автомобиле и тракторе. Изделия электрооборудования выпускаются в климатическом исполнении следующих типов:

- У – для умеренного климата;
- ХЛ – для холодного климата;
- Т – для тропического климата;
- О – общеклиматическое исполнение;

У\_ХЛ, У\_Т и т.д. – возможность эксплуатации электрооборудования в нескольких макроклиматических районах. В зависимости от климатического исполнения электрооборудование должно быть работоспособным в условиях, указанных в табл. 1.1.

Кроме того, изделия электрооборудования должны сохранять работоспособность после воздействия температур  $-60$ ,  $-50$ ,  $-45$  °С соответственно для исполнений ХЛ, У, Т (во время транспортирования и нерабочих периодов).

Изделия электрооборудования должны выдерживать также значительные вибрационные и ударные нагрузки, указанные в табл. 1.2. Допустимые значения превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы при температуре окружающей среды  $+70$  °С приведены в табл. 1.3.

**Таблица 1.1 Условия эксплуатации изделий электрооборудования Температурные и условия окружающей среды**

Температурные и условия окружающей среды	Климатическое исполнение		
	У	ХЛ	Т
Максимальная температура окружающей среды, °С, для изделий, устанавливаемых: на двигателе и в двигательном отсеке в кабине или закрытом кузове, а также снаружи	70, 80, 90, 100 <sup>*</sup> 55/65		
Минимальная температура окружающей среды, °С, для изделий, устанавливаемых: снаружи, в кабине или закрытом кузове, а также для тех изделий, которые должны работать до предпускового подогрева; на двигателе и в двигательном отсеке и включаемых только после предпускового подогрева	–45/–50  –40	–60/–60  –40	–20/–45  –20
Относительная влажность воздуха для всех изделий при температуре (40 ± 2) °С, %	95 + 3	95 + 3	95 + 3
Минимальное давление окружающей среды для всех изделий, кПа (на высоте 4000 м над уровнем моря)	61		
* Температура для изделий выбирается из приведенного ряда и устанавливается в стандартах или технических условиях на изделия. Примечание. В числителе приведены рабочие температуры, в знаменателе — предельные.			

Таблица 1.2

Допустимые вибрационные и ударные нагрузки для изделий электрооборудования

Изделия	Частота вибрации, Гц, при испытаниях		Максимальное ускорение (или замедление), $\text{м/с}^{-2}$	Продолжительность испытаний, ч
	периодических	типовых		
Устанавливаемые на двигателе	50	50–250	100/150	8/10 000
Остальные	50	50–250	50/100	8/10 000
Примечание. В числителе приведены данные для вибрационной нагрузки, в знаменателе – для ударной.				

Таблица 1.3

Допустимые превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы

Части электрических машин и аппаратов	Допустимые превышения температуры, °С, для классов изоляционных материалов по ГОСТ 8865–93				
	А	Е	В	Г	Н
Обмотки генераторов и электродвигателей	–	–	125	140	–
Коллекторы и контактные кольца	100	115	145	155	160
Обмотки реле различного назначения	–	–	130	145	–

Изделия электрооборудования должны быть защищены от проникновения посторонних тел, пыли, брызг, воды, обеспечивать надежную и безотказную работу в эксплуатации в течение требуемого срока службы.

Ресурс изделий электрооборудования измеряется числом часов работы двигателя или числом включений, а также пробегом автомобиля в километрах. Защита от коррозии

должна осуществляться лакокрасочными, гальваническими, химическими покрытиями или их сочетаниями.

Изделия электрооборудования должны быть совместимы между собой и внешней средой и сохранять работоспособность в условиях электромагнитного воздействия в соответствии с табл. 1.4.

Изделия электрооборудования могут быть рассчитаны на продолжительный номинальный режим работы, кратковременный номинальный режим работы с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5, 10 и 30 мин и повторно-кратковременный номинальный режим с длительностью включения 15, 25, 40 и 60 %.

Изоляция обмоток и токоведущих деталей изделий электрооборудования относительно корпуса должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин воздействие синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц, действующие значения которого указаны

в табл. 1.5.

Таблица 1.4

**Параметры импульсных напряжений бортовой сети в аномальных и нормальных режимах эксплуатации**

Номинальное напряжение, В	Уровень напряжения (мгновенные значения), В, не более, при длительности на этом уровне				
	0,3·10 <sup>-3</sup> мс	10·10 <sup>-3</sup> мс	0,3 мс	10 мс	300 мс
<i>Аномальные режимы эксплуатации (срабатывание предохранителей, пуск двигателя от посторонних источников тока, при отключении аккумуляторной батареи)</i>					
14 (12)	150/-20	112/-28	62/0	42/3	21/6
28 (24)	150/-56	112/-56	84/0	58/7	42/14
<i>Нормальные режимы эксплуатации</i>					
14 (12)	42/6	42/6	28/6	23/8	17,5/10,5
28 (24)	56/14	56/14	56/14	45/15,5	35/21
<b>Примечание.</b> В числителе указаны максимальные значения, а в знаменателе — минимальные.					

Таблица 1.5

**Электрическая стойкость изоляции**

Детали изделий	Действующее напряжение, В
1. Обмотки электрических машин и аппаратов, токоведущих деталей этих изделий, обмотки контрольно-измерительных приборов и их датчиков, токоведущие детали коммутационной аппаратуры, работающие в главных цепях или цепях, содержащих индуктивность, элементы цепей низкого напряжения аппаратов зажигания, звуковых сигналов	550
2. Обмотки и токоведущие детали электродвигателей с электромагнитным возбуждением	250
3. Токоведущие детали коммутационной аппаратуры (за исключением указанных в п. 1), установочных изделий, осветительных и светосигнальных приборов	220
4. Токоведущие детали и элементы цепей высокого напряжения аппаратов зажигания	22 000



Электрические машины должны выдерживать испытание на повышенную частоту вращения коленчатого вала в режиме холостого хода в течение 20 с (стартеры и другие электрические машины с режимом работы менее 1 мин) и 2 мин (остальные электрические машины). Испытательная частота вращения коленчатого вала должна быть на 20 % выше частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода для стартеров.

Степень искрения (класс коммутации) по шкале ГОСТ 183\_74 должна быть не более 1,5 для электрических машин продолжительного режима работы, не более 2 для электрических машин повторно-кратковременного, перемежающегося и кратковременного режимов работы (продолжительностью 5 мин и более) и не более 3 для электрических машин кратковременного режима работы продолжительностью 3 мин и менее.

Изделия электрооборудования должны работать в однопроводной схеме, в которой с корпусом автомобиля или трактора соединен отрицательный полюс системы. Допускается изготовление изделий, у которых от корпуса изолированы оба полюса.

Уровень радиопомех изделий электрооборудования не должен превышать значений, предусмотренных ГОСТ Р 51318.12–99. Для удовлетворения этих требований изделия электрооборудования имеют следующие исполнения: неэкранированное; с частичным экранированием; экранированное.

Для снижения уровня радиопомех применяются помехоподавляющие устройства: неэкранированные или экранированные наконечники искровых свечей зажигания; высоковольтные провода с распределенным сопротивлением; фильтры радиопомех; помехоподавительные резисторы в роторах распределителей или в искровых свечах зажигания.

Направление вращения валов изделий электрооборудования определяется следующим образом:

электрические машины с одним свободным концом вала (генераторы, стартеры, электродвигатели), магнето, датчики дистанционных спидометров и тахомотосчетчиков – со стороны привода;

спидометры – со стороны шкалы;

электрические машины с двумя свободными концами вала и остальные приборы – со стороны, указанной изготовителем.

Номинальные параметры изделий автотракторного электрооборудования (номинальная мощность, номинальная сила тока, номинальное напряжение и др.) относятся к работе при температуре  $25 \pm 10$  °C, относительной влажности 45–80 % и давлении 86,6–106,6 кПа (650–800 мм рт.ст.). В условиях, отличающихся от указанных, номинальные параметры могут быть изменены на величину, оговоренную в стандартах на отдельные виды изделий. Все номинальные параметры измеряются при номинальном напряжении.

Номинальное напряжение системы электрооборудования – 12 или 24 В. Номинальное напряжение потребителей электроэнергии – 12 или 24 В, а генераторных установок – 14 и 28 В.

Потребители электроэнергии, работающие при движении, должны быть работоспособными при изменении подводимого напряжения в пределах от 90 до 125 % установленного для них номинального напряжения.

### **2.7.3 Результаты и выводы:**

Изучены схема электрооборудования автомобиля Газ 33021 и её особенности.

Приведенный материал позволил узнать о параметрах электрооборудования автомобиля Газ 33021 и условиях её работы.

## **2.8 Практическое занятие №8 ( 2 часа).**

**Тема:** «Изучить схему электрооборудования импортного автомобиля»

### **2.8.1 Задание для работы:**

1. Изучить схему электрооборудования автомобиля «Рено Логан».

### **2.8.2 Краткое описание проводимого занятия:**

При освоении новых моделей автомобилей и тракторов их электрооборудование претерпевает существенные изменения. Количество изделий электротехнического и электронного оборудования на автомобилях и тракторах постоянно возрастает. Электростартерный пуск двигателя, подготовка и зажигание топливо воздушной смеси, обеспечение безопасности движения автомобиля и выполнения технологических операций на тракторе, осуществление автоматического контроля работы отдельных агрегатов и узлов, а также автомобиля и трактора в целом, обеспечение комфортных условий для работы тракториста и водителя автомобиля, а также для пассажиров – все это далеко не полный перечень функций, выполняемых электротехническими и электронными устройствами.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития авто-тракторостроения является более широкое применение электронных и микропроцессорных систем управления. Достигнутый уровень конструктивного исполнения и технологических методов изготовления изделий микроэлектроники позволяет обеспечить малые габаритные размеры и массу электронных и микропроцессорных блоков управления, датчиков и исполнительных механизмов, а также высокие показатели надежности их работы в сложных условиях эксплуатации автомобилей и тракторов. По сравнению с механическими, пневматическими, гидравлическими системами электронные системы отличаются высоким быстродействием и обладают способностью многопараметровой оптимизации рабочих процессов.

Применение электроники для оптимизации рабочих процессов в двигателе позволяет снизить расход топлива, уровень токсичности отработавших газов, объединить электронные системы впрыскивания топлива, зажигания и другие системы в одну комплексную систему управления двигателем. Повышение топливной экономичности двигателей обеспечивается за счет оптимального регулирования состава топливовоздушной смеси и опережения зажигания. Одним из способов снижения токсичности двигателей является автоматическое поддержание стехиометрического состава топливовоздушной смеси наряду с применением трехкомпонентного каталитического нейтрализатора. Снижению расхода топлива и токсичности отработавших газов способствует применение управляемых электронными блоками экономайзеров принудительного холостого хода.

В автотракторном электрооборудовании трудно выделить системы, в которых не используются электронные устройства. В генераторы переменного тока встраиваются полупроводниковые выпрямители и электронные регуляторы напряжения, изготавливаемые методами интегральной технологии. Элементы электронной автоматики находят применение в системах блокировки электростартеров, в системах "стоп-старт", в устройствах для облегчения пуска двигателей при низких температурах.

В системах очистки ветрового и заднего стекол и фарочистки, в электронасосах, стеклоомывателях, электроventильаторах и стеклоподъемниках, в системах блокировки дверей, подъема антенны, перемещения сидений и т.д. широко используется автоматизированный электропривод с электронными управляющими устройствами.

Разработаны и используются на современных автомобилях системы автоматического поддержания скорости движения, электронные системы управления коробкой передач.

Повышение безопасности движения и комфорта обеспечивается установкой на автомобиле антиблокировочных, противобуксовочных систем, радарных систем предотвраще-

ния столкновений, электронных контрольно-диагностических систем, автоматически управляемых фар головного освещения, кондиционеров и т.д.

Решение ряда транспортных задач связывают с установкой на автомобилях навигационной аппаратуры. На многих автомобилях применяются бортовые системы контроля, маршрутные компьютеры.

Прогнозируется установка на автомобиле центральной ЭВМ, которая обеспечит управление автомобилем как автономно, так и на основе внешней связи (мобильной, спутниковой) с командным пунктом управления транспортными потоками.

Электрооборудование автомобилей и тракторов представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электрических и электронных устройств. К автотракторному электрооборудованию относят следующие системы и устройства:

- электроснабжения;
- электростартерного пуска двигателя;
- зажигания;
- освещения, световой и звуковой сигнализации;
- информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов;
- электропривода;
- подавления радиопомех;
- электронного управления системами и агрегатами автомобиля и трактора.

В систему электроснабжения входят генераторная установка и аккумуляторная батарея.

*Система электростартерного пуска двигателя* включает в себя аккумуляторную батарею, электростартер, реле управления (дополнительные реле и реле блокировки) и электротехнические устройства облегчения пуска двигателя.

*Система зажигания* обеспечивает воспламенение рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей искрой высокого напряжения, возникающей между электродами свечи зажигания. Помимо свечей к системе зажигания относятся катушки зажигания, прерыватели-распределители, транзисторные коммутаторы, электронные блоки управления (контроллеры), добавочные резисторы, высоковольтные провода, наконечники свечей и т.д. *Система освещения и световой сигнализации* объединяет осветительные приборы (фары головного и рабочего освещения), светосигнальные фонари (габаритные огни, указатели поворота, сигналы торможения, фонари заднего хода и др.) и различные реле управления ими.

*Система информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов* включает в себя датчики и указатели давления, температуры, уровня топлива в баке, спидометр, тахометр, сигнальные (контрольные) лампы и т.д. На автомобиле может быть установлена бортовая система контроля с компьютером.

*Электропривод* (электродвигатели, моторедукторы, мотонасосы, электромагниты) находит все большее применение в системах стеклоочистки, отопления, вентиляции, предпускового подогрева двигателя, в стеклоподъемниках, в системах подъема и опускания антенны, в устройствах блокировки дверей, в исполнительных механизмах электронных систем.

Используется разнообразная коммутационная и защитная аппаратура: выключатели, переключатели, реле различного назначения, контакторы, предохранители и блоки предохранителей, соединительные панели и разъемные соединения.

Расширяется применение электронных систем впрыскивания топлива, антиблокировочных, противобуксовочных и навигационных систем, систем предотвращения столкновений.

Число и мощность потребителей электроэнергии на автомобилях и тракторах постоянно увеличиваются, соответственно возрастает мощность источников электрической

энергии. На смену устаревшему электрооборудованию приходят новые, более сложные по конструкции и схемным решениям электрические и электронные изделия и системы.

Схема 1. Цепь зарядки аккумуляторной батареи

1 – стартер; 2 – генератор; 3 – разъем электропроводки моторного отсека/салона (моноблок); 4 – комбинация приборов

Изображения:

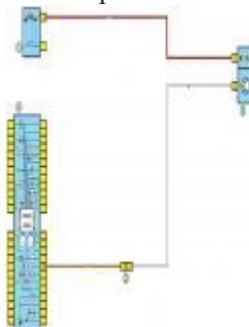


Схема 2. Топливный насос и датчик уровня топлива

1 – комбинация приборов; 2 – разъем электропроводки моторного отсека/салона (моноблок); 3 – разъем электропроводки панели приборов/левой задней части кузова; 4 – топливный насос и датчик уровня топлива;

Изображения:

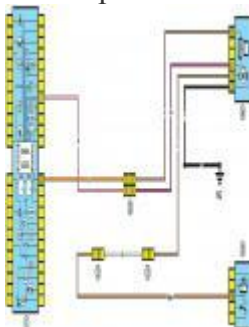


Схема 3. Система управления двигателем

1 – блок предохранителей 597В в моторном отсеке (см. рис. 10.2а и 10.2б); 2 – блок реле 784 в моторном отсеке, реле 700 (см. рис. 10.2а и 10.2б); 3 – форсунка 1-го цилиндра; 4 – блок предохранителей в салоне

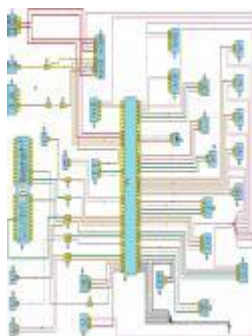


Схема 4. Система пуска двигателя

1 – аккумуляторная батарея; 2 – стартер; 3 – разъем электропроводки моторного отсека/салона (моноблок); 4 – выключатель (замок) зажигания

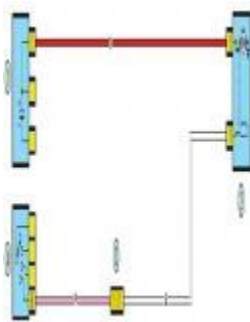
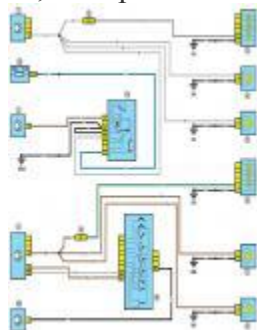


Схема 5. Указатели поворота и аварийная сигнализация

1 – коммутационный блок салона; 2 – разъем электропроводки приборной панели/левой задней части кузова; 3 – правый задний фонарь; 4 – правый передний указатель поворота; 5 – правый повторитель указателя



От совершенства конструкции и технического состояния электрооборудования зависят эксплуатационная надежность и производительность автомобиля и трактора.

**1.2.** Условия работы электрооборудования зависят от климатической зоны эксплуатации и места установки отдельных изделий на автомобиле и тракторе. Изделия электрооборудования выпускаются в климатическом исполнении следующих типов:

- У – для умеренного климата;
- ХЛ – для холодного климата;
- Т – для тропического климата;
- О – общеклиматическое исполнение;

У\_ХЛ, У\_Т и т.д. – возможность эксплуатации электрооборудования в нескольких макроклиматических районах. В зависимости от климатического исполнения электрооборудование должно быть работоспособным в условиях, указанных в табл. 1.1.

Кроме того, изделия электрооборудования должны сохранять работоспособность после воздействия температур  $-60$ ,  $-50$ ,  $-45$  °С соответственно для исполнений ХЛ, У, Т (во время транспортирования и нерабочих периодов).

Изделия электрооборудования должны выдерживать также значительные вибрационные и ударные нагрузки, указанные в табл. 1.2. Допустимые значения превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы при температуре окружающей среды  $+70$  °С приведены в табл. 1.3.

**Таблица 1.1 Условия эксплуатации изделий электрооборудования Температурные и условия окружающей среды**

Температурные и условия окружающей среды	Климатическое исполнение		
	У	ХЛ	Т
Максимальная температура окружающей среды, °С, для изделий, устанавливаемых: на двигателе и в двигательном отсеке в кабине или закрытом кузове, а также снаружи	70, 80, 90, 100 <sup>х</sup> 55/65		
Минимальная температура окружающей среды, °С, для изделий, устанавливаемых: снаружи, в кабине или закрытом кузове, а также для тех изделий, которые должны работать до предпускового подогрева; на двигателе и в двигательном отсеке и включаемых только после предпускового подогрева	–45/–50  –40	–60/–60  –40	–20/–45  –20
Относительная влажность воздуха для всех изделий при температуре (40 ± 2) °С, %	95 + 3	95 + 3	95 + 3
Минимальное давление окружающей среды для всех изделий, кПа (на высоте 4000 м над уровнем моря)	61		
* Температура для изделий выбирается из приведенного ряда и устанавливается в стандартах или технических условиях на изделия. Примечание. В числителе приведены рабочие температуры, в знаменателе — предельные.			

Таблица 1.2

Допустимые вибрационные и ударные нагрузки для изделий электрооборудования

Изделия	Частота вибрации, Гц, при испытаниях		Максимальное ускорение (или замедление), $\text{м/с}^{-2}$	Продолжительность испытаний, ч
	периодических	типовых		
Устанавливаемые на двигателе	50	50–250	100/150	8/10 000
Остальные	50	50–250	50/100	8/10 000
Примечание. В числителе приведены данные для вибрационной нагрузки, в знаменателе – для ударной.				

Таблица 1.3

Допустимые превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы

Части электрических машин и аппаратов	Допустимые превышения температуры, °С, для классов изоляционных материалов по ГОСТ 8865–93				
	А	Е	В	Г	Н
Обмотки генераторов и электродвигателей	–	–	125	140	–
Коллекторы и контактные кольца	100	115	145	155	160
Обмотки реле различного назначения	–	–	130	145	–

Изделия электрооборудования должны быть защищены от проникновения посторонних тел, пыли, брызг, воды, обеспечивать надежную и безотказную работу в эксплуатации в течение требуемого срока службы.

Ресурс изделий электрооборудования измеряется числом часов работы двигателя или числом включений, а также пробегом автомобиля в километрах. Защита от коррозии



должна осуществляться лакокрасочными, гальваническими, химическими покрытиями или их сочетаниями.

Изделия электрооборудования должны быть совместимы между собой и внешней средой и сохранять работоспособность в условиях электромагнитного воздействия в соответствии с табл. 1.4.

Изделия электрооборудования могут быть рассчитаны на продолжительный номинальный режим работы, кратковременный номинальный режим работы с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5, 10 и 30 мин и повторно-кратковременный номинальный режим с длительностью включения 15, 25, 40 и 60 %.

Изоляция обмоток и токоведущих деталей изделий электрооборудования относительно корпуса должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин воздействие синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц, действующие значения которого указаны

в табл. 1.5.

Таблица 1.4

**Параметры импульсных напряжений бортовой сети в аномальных и нормальных режимах эксплуатации**

Номинальное напряжение, В	Уровень напряжения (мгновенные значения), В, не более, при длительности на этом уровне				
	0,3·10 <sup>-3</sup> мс	10·10 <sup>-3</sup> мс	0,3 мс	10 мс	300 мс
<i>Аномальные режимы эксплуатации (срабатывание предохранителей, пуск двигателя от посторонних источников тока, при отключении аккумуляторной батареи)</i>					
14 (12)	150/-20	112/-28	62/0	42/3	21/6
28 (24)	150/-56	112/-56	84/0	58/7	42/14
<i>Нормальные режимы эксплуатации</i>					
14 (12)	42/6	42/6	28/6	23/8	17,5/10,5
28 (24)	56/14	56/14	56/14	45/15,5	35/21
<b>Примечание.</b> В числителе указаны максимальные значения, а в знаменателе — минимальные.					

Таблица 1.5

**Электрическая стойкость изоляции**

Детали изделий	Действующее напряжение, В
1. Обмотки электрических машин и аппаратов, токоведущих деталей этих изделий, обмотки контрольно-измерительных приборов и их датчиков, токоведущие детали коммутационной аппаратуры, работающие в главных цепях или цепях, содержащих индуктивность, элементы цепей низкого напряжения аппаратов зажигания, звуковых сигналов	550
2. Обмотки и токоведущие детали электродвигателей с электромагнитным возбуждением	250
3. Токоведущие детали коммутационной аппаратуры (за исключением указанных в п. 1), установочных изделий, осветительных и светосигнальных приборов	220
4. Токоведущие детали и элементы цепей высокого напряжения аппаратов зажигания	22 000

Электрические машины должны выдерживать испытание на повышенную частоту вращения коленчатого вала в режиме холостого хода в течение 20 с (стартеры и другие электрические машины с режимом работы менее 1 мин) и 2 мин (остальные электрические машины). Испытательная частота вращения коленчатого вала должна быть на 20 % выше частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода для стартеров.

Степень искрения (класс коммутации) по шкале ГОСТ 183\_74 должна быть не более 1,5 для электрических машин продолжительного режима работы, не более 2 для электрических машин повторно-кратковременного, перемежающегося и кратковременного режимов работы (продолжительностью 5 мин и более) и не более 3 для электрических машин кратковременного режима работы продолжительностью 3 мин и менее.

Изделия электрооборудования должны работать в однопроводной схеме, в которой с корпусом автомобиля или трактора соединен отрицательный полюс системы. Допускается изготовление изделий, у которых от корпуса изолированы оба полюса.

Уровень радиопомех изделий электрооборудования не должен превышать значений, предусмотренных ГОСТ Р 51318.12–99. Для удовлетворения этих требований изделия электрооборудования имеют следующие исполнения: неэкранированное; с частичным экранированием; экранированное.

Для снижения уровня радиопомех применяются помехоподавляющие устройства: неэкранированные или экранированные наконечники искровых свечей зажигания; высоковольтные провода с распределенным сопротивлением; фильтры радиопомех; помехоподавительные резисторы в роторах распределителей или в искровых свечах зажигания.

Направление вращения валов изделий электрооборудования определяется следующим образом:

электрические машины с одним свободным концом вала (генераторы, стартеры, электродвигатели), магнето, датчики дистанционных спидометров и тахомотосчетчиков – со стороны привода;

спидометры – со стороны шкалы;

электрические машины с двумя свободными концами вала и остальные приборы – со стороны, указанной изготовителем.

Номинальные параметры изделий автотракторного электрооборудования (номинальная мощность, номинальная сила тока, номинальное напряжение и др.) относятся к работе при температуре  $25 \pm 10$  °C, относительной влажности 45–80 % и давлении 86,6–106,6 кПа (650–800 мм рт.ст.). В условиях, отличающихся от указанных, номинальные параметры могут быть изменены на величину, оговоренную в стандартах на отдельные виды изделий. Все номинальные параметры измеряются при номинальном напряжении.

Номинальное напряжение системы электрооборудования – 12 или 24 В. Номинальное напряжение потребителей электроэнергии – 12 или 24 В, а генераторных установок – 14 и 28 В.

Потребители электроэнергии, работающие при движении, должны быть работоспособными при изменении подводимого напряжения в пределах от 90 до 125 % установленного для них номинального напряжения.

### **2.7.3 Результаты и выводы:**

Изучены схема электрооборудования автомобиля «Рено Логан» и её особенности.

Приведенный материал позволил узнать о параметрах электрооборудования автомобиля «Рено Логан» и условиях её работы.