

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»



А. Л. Лисовский  
В. В. Кострицкий

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум  
для студентов специальностей  
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,  
1-37 01 07 «Автосервис»,  
1-44 01 02 «Организация дорожного движения»

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2022

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 629.3.083.7(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией  
механико-технологического факультета  
в качестве лабораторного практикума (протокол № 8 от 16.02.2022 г.)

Кафедра автомобильного транспорта

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

зам. директора по техническим вопросам ОАО «Витебскоблавтотранс»  
филиала «Автобусный парк № 2 г. Полоцка» Д. П. РУДАК;  
проф., д-р техн. наук, проф. каф. Автомобильного транспорта  
Полоцкого государственного университета В. П. ИВАНОВ

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Электрооборудование автомобилей» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**Технические требования:**

*1 оптический диск.*

**Системные требования:**

*PC с процессором не ниже Core 2 Duo;*

*2 Gb RAM; свободное место на HDD 2 Mb;*

*Windows XP/7/8/8.1/10*

*привод CD-ROM/DVD-ROM;*

*мышь*

Редактор *Т. А. Дарьянова*

---

Подписано к использованию 13.05.2022.

Объем издания 5,32 Мб. Заказ 306.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
Лабораторная работа 1 <b>ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, КОНСТРУКЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ</b> .....	6
Лабораторная работа 2 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ</b> .....	25
Лабораторная работа 3 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАРТЕРА</b> .....	55
Лабораторная работа 4 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ</b> .....	75
Лабораторная работа 5 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ</b> .....	84
Лабораторная работа 6 <b>УСТРОЙСТВО, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСКРОВЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ</b> .....	100
Лабораторная работа 7 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЗАЖИГАНИЯ</b> .....	117
Лабораторная работа 8 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ФАР АВТОМОБИЛЯ</b> .....	136
Лабораторная работа 9 <b>УСТРОЙСТВО, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРОВОДОВ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ</b> .....	148
Лабораторная работа 10 <b>КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЯ ТИПА СЛ100</b> .....	160

## ВВЕДЕНИЕ

Основные задачи преподавания учебной дисциплины «Электрооборудование автомобилей» – изучение и анализ современных конструкций, схем, методов диагностирования, технического обслуживания и ремонта электрооборудования автомобилей.

Дисциплина базируется на знаниях таких дисциплин, как «Инженерная графика», «Математика», «Физика», «Механика материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин». Полученные студентами знания и умения при изучении данной дисциплины необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, связанных с проектированием и расчетом машин, механизмов, их деталей и узлов: «Проектирование организаций автомобильного транспорта», «Проектирование организаций автосервиса», «Механизация процессов технической эксплуатации», «Средства технического оснащения автосервиса».

## Лабораторная работа 1

### ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, КОНСТРУКЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

**Цель работы:** изучение принципа действия, конструкции, оценки технического состояния, приемов технического обслуживания автомобильных аккумуляторных батарей (АКБ).

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники, дополнительный методический материал, приведенный в настоящем руководстве, изучить:
    - назначение аккумуляторных батарей;
    - химический состав электродов и электролита аккумуляторов;
    - конструкцию аккумуляторных батарей;
    - химические реакции, проходящие на положительном и отрицательном электродах аккумулятора;
      - процессы, происходящие в аккумуляторе на микро- и макроскопическом уровнях при нарушении нормальной работы аккумуляторных батарей;
      - основные параметры свинцовых стартерных аккумуляторных батарей и методы их контроля;
      - способы заряда аккумуляторов;
      - технологию хранения и ввода в эксплуатацию свинцовых аккумуляторных батарей.
  - 1.2. В процессе подготовки к работе в лаборатории подготовить ответы на контрольные вопросы.
2. Работа в лаборатории.
  - 2.1. Ознакомиться с расположением элементов АКБ на демонстрационном стенде.
  - 2.2. Ознакомиться с внешним видом и конструкцией электродных пластин, предназначенных для установки в аккумулятор. Обратить внимание на цвет пластин.
  - 2.3. Осмотреть конструкцию полублока положительных пластин АКБ, бывшей в эксплуатации.

2.4. По внешнему виду проанализировать состояние и конструкцию полублока отрицательных электродных пластин АКБ.

2.5. Ознакомиться с конструкцией сепараторов.

2.6. Ознакомиться с конструкцией корпуса АКБ, используя ее часть, представленную на демонстрационном стенде.

2.7. Проанализировать взаимное расположение и количество отрицательных и положительных электродных пластин, сепараторов в аккумуляторе.

2.8. Ознакомиться со способом соединения электродных пластин в одном блоке электродов АКБ.

2.9. Ознакомиться с конструкцией полюсных выводов АКБ.

2.10. Изучить химические процессы, происходящие при заряде и разряде АКБ, таблицы режимов заряда и плотности электролита аккумулятора.

2.11. Полученные в лаборатории сведения записать в тетрадь для последующего использования в отчете.

3. Обработать полученные в лаборатории сведения и составить отчет.

4. Защитить лабораторную работу.

## Теоретическая часть

К АКБ относят электрические элементы, способные накапливать и отдавать электрическую энергию во внешнюю электрическую цепь за счет электрохимических процессов, связанных с изменением химического состава активных масс электродов.

### Химические основы работы аккумуляторов

При введении металлического электрода в электролит ионы последнего проникают к поверхностным атомам электрода. При этом положительные ионы электролита стремятся осесть на электрод. Такая способность электролита называется осмотическим давлением.

Отрицательные ионы электролита притягивают атомы металла и стремятся перевести их в электролит. Способность металлов растворяться в электролите под действием его отрицательных ионов называется электролитической упругостью растворения.

Если упругость больше осмотического давления, то ионы металла входят в электролит и заряжают его положительно (электрод в этом случае заряжен отрицательно). В результате между электродом и электролитом возникает разность потенциалов, значение которой ограничивается тем, что

на ионы металлов, перешедшие в электролит, действуют силы электронов, оставшихся в металле. По мере перехода ионов металла в электролит эти силы возрастают и уравнивают избыточные силы упругости растворения. Если осмотическое давление больше сил упругости растворения, то положительные ионы оседают на электроде и заряжают его положительно. Между электродом и электролитом возникает определенная разность потенциалов обратной полярности. Очевидно, если силы осмотического давления и упругости растворения равны, разность потенциалов между электродом и электролитом не образуется.

Возникающая разность потенциалов не может быть использована для получения электрического тока, т.к. если в электролит опустить электрод из того же металла, то разность потенциалов будет равна нулю.

Для получения тока в электролит необходимо поместить еще один электрод с другой электролитической упругостью растворения, т.е. из другого металла.

Система из электролита с двумя введенными в него электродами из металлов с различной электролитической упругостью растворения представляет собой гальванический элемент – источник электродвижущей силы (ЭДС). Гальванические элементы работают за счет собственной химической энергии, поэтому химические источники характеризуются не мощностью, а емкостью:

$$Q = I_p \cdot t_p,$$

где  $Q$  – емкость гальванического элемента;

$I_p$  – разрядный ток, А;

$t_p$  – продолжительность разряда, ч.

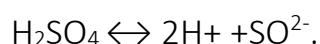
В реальных аккумуляторах в качестве электродов применяют пластины специальной конструкции, чаще всего решетчатого типа. Основание электродов изготавливают из сплава свинца и сурьмы (для механической прочности). Ячейки заполняют пастой из порошкообразных окислов свинца на слабом растворе серной кислоты. Для положительных пластин используют свинцовый сурик, для отрицательных – свинцовый глет  $Pb_3O_4$ . После просушки паста приобретает пористость, чем достигается большая емкость аккумуляторов. Высушенные пластины подвергаются формовке (длительному заряду) в специальном электролите. В результате сурик превращается в двуокись свинца  $PbO_2$ , а свинцовый глет в чистый свинец. Это соответствует заряженному аккумулятору.



После формовки пластины или разряжают, или оставляют заряженными. В любом случае их тщательно высушивают, а затем собирают в блоки.

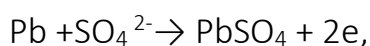
### Химические процессы в свинцово-кислотных аккумуляторах

В качестве электролита в свинцово-кислотных аккумуляторах используется серная кислота, которая в воде ассоциирует и диссоциирует, т.е.



У заряженного аккумулятора положительная пластина представляет собой двуокись свинца  $\text{PbO}_2$ , а отрицательная – губчатый свинец  $\text{Pb}$ .

При *разряде* у отрицательной пластины проходит электрохимическая реакция вида:



у положительной –



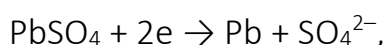
Суммарная реакция при разряде аккумулятора имеет вид:



При разряде активные массы пластин переходят в серноокислый свинец. Плотность электролита падает до 1,15–1,17 г/см<sup>3</sup>. Аккумуляторы не разряжают до полного перехода активной массы в серноокислый свинец,

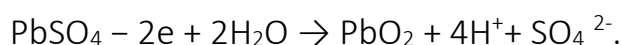
т.к. серноокислый свинец обладает большим сопротивлением, препятствующим осуществлению обратного процесса.

При *заряде аккумулятора* у отрицательной пластины проходит химическая реакция



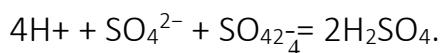
в результате которой серноокислый свинец распадается на ионы  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ион свинца, взаимодействуя с приходящими электронами, превращается в молекулу свинца. Ион  $\text{SO}_4^{2-}$ , направляясь к положительной пластине, соединяется с двумя ионами водорода, образует молекулу серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Химическая реакция у положительной пластины выглядит следующим образом:

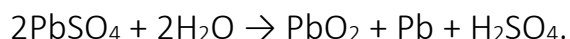


В реакции участвует ион свинца  $Pb^{2+}$  и два иона кислорода  $2O^{2-}$  из диссоциированной молекулы воды. Свинец окисляется.

Кислородный остаток и ионы водорода образуют две молекулы серной кислоты:

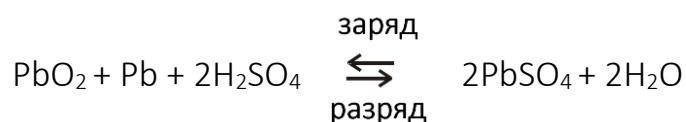


Суммарная реакция при заряде аккумулятора



Плотность электролита повышается. При достижении максимальной плотности начинается диссоциация воды, сопровождающаяся бурным выделением водорода и кислорода.

Таким образом, окислительно-восстановительные процессы при заряде и разряде могут быть описаны уравнением



### Саморазряд аккумуляторов

Бесполезная потеря какой-то части запасенной при заряде энергии или саморазряд аккумуляторов – явление неизбежное. Саморазряд происходит и в режиме разряда, и в режиме покоя. Величину саморазряда определяют химическая система и конструкция АКБ. Важна температура, количество и свойство попавших в аккумулятор примесей. Трудно устранить такие причины разряда, как существование разности потенциалов в самих пластинах (между активной массой пластин и металлом их основы). Действует и кислород воздуха на отрицательные пластины. Причинами саморазряда могут быть неравномерная плотность электролита, плохая изоляция пластин, загрязнение электролита, активной массы и дистиллированной воды вредными примесями. Саморазряд традиционной АКБ по ГОСТ Р при бездействии в течение 14 сут при температуре  $20 \pm 5$  °С не должен превышать 0,5% в сутки (7%), а после бездействия в течение 28 суток – 20% от номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи в течение 90 сут после бездействия не должен превышать 0,11% в сутки (10%), а после бездействия в течение года – 40% от номинальной емкости.

## Устройство автомобильных аккумуляторов и батарей

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

Основными требованиями, предъявляемыми к автомобильным аккумуляторным батареям, являются:

- малое внутреннее сопротивление;
- большая емкость при малых объеме и массе;
- устойчивость к низкой температуре;
- простота обслуживания;
- высокая механическая прочность;
- длительный срок службы;
- незначительный саморазряд;
- невысокая стоимость.

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют свинцово-кислотные аккумуляторные батареи.

АКБ по конструктивным признакам в соответствии с ГОСТ 959-91Е на три группы: традиционные; малообслуживаемые; необслуживаемые.

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

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

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

Каждый аккумулятор батареи закрывается отдельной крышкой из эбонита или пластмассы. В крышке имеется два отверстия для вывода борнов

электродного блока и одно резьбовое – для заливки электролита. Резьбовое отверстие закрывается резьбовой пробкой из полиэтилена, имеющей небольшое вентиляционное отверстие, предназначенное для выхода газов во время эксплуатации. В новых сухозаряженных батареях вентиляционное отверстие закрыто приливом. После заливки электролита этот прилив следует срезать.

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

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

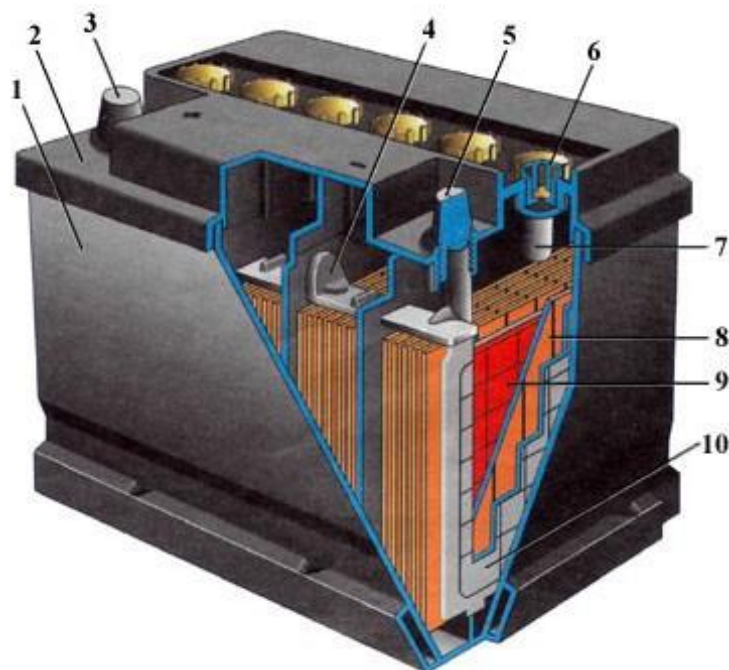
*Традиционные батареи с общей крышкой* изготавливают в пластмассовых моноблоках. Эластичность пластмассы позволяет соединять аккумуляторы в батарею сквозь отверстия в перегородках моноблока. Это делает возможным на 0,1–0,3 В повысить напряжение батареи при стартерном разряде и уменьшить расход свинца в батарее на 0,5–3 кг. Применение термопластичных пластмасс позволило значительно снизить массу корпуса батареи. Использование пластмассового моноблока и общей крышки позволило применить герметизацию батареи методом контактной тепловой сварки, что обеспечивает надежную герметичность при температурах от минус 50 до плюс 70 °С.

На рисунке 1.1 приведена в разрезе конструкция аккумуляторной батареи типа 6СТ-55П, широко применяемая на автомобилях ВАЗ.

Аккумуляторная батарея состоит из шести последовательно соединенных аккумуляторов напряжением по 2В, размещенных в общем корпусе (моноблоке). Корпус 1 изготовлен из полипропилена и разделен непроницаемыми перегородками на шесть отсеков. Крышка 2, общая для всего корпуса, также изготовлена из полипропилена и приварена к корпусу ультразвуковой сваркой.

В каждом аккумуляторе находится набор положительных 9 и отрицательных 10 пластин. Пластины выполнены в виде решетки, отлитой из сплава свинца и сурьмы и заполненной пористой активной массой из свинца и свинцовых окислов. Пластины опираются на ребра (призмы) корпуса, поэтому между дном и нижними кромками пластин имеется

свободное пространство. Осыпаясь с пластин активная масса (шлам) заполняет это пространство, не достигая нижних краев пластин, что предохраняет их от короткого замыкания.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – положительный вывод; 4 – межэлементное соединение (баретка), 5 – отрицательный вывод; 6 – пробка заливной горловины; 7 – заливная горловина; 8 – сепаратор; 9 – положительная пластина; 10 – отрицательная пластина

Рисунок 1.1. – Конструкция аккумуляторной батареи типа 6СТ-55П

Пластины одинаковой полярности собираются в полублок и привариваются к бареткам 4, которые служат для крепления пластин и вывода тока. Из полублоков положительных и отрицательных пластин собирается блок с чередованием разноименных пластин. Для изоляции разноименных пластин друг от друга между ними установлены сепараторы 8 из микропористого поливинилхлорида.

Электролитом в аккумуляторе служит раствор серной кислоты в дистиллированной воде. При заряде батареи серная кислота электролита взаимодействует с активной массой пластин и превращает ее в сульфат свинца (белого цвета); при этом количество кислоты в электролите уменьшается, а его плотность снижается. При разряде батареи под действием проходящего через батарею зарядного тока происходит обратный процесс. Сульфат свинца в активной массе положительных пластин превращается в перекись свинца (коричневого цвета); при этом в электролит выделяется серная

кислота, и его плотность увеличивается. Доливку дистиллированной воды производят по необходимости 1–2 раза в месяц.

В *малообслуживаемых батареях* содержание сурьмы в сплаве токоотводов снижено в 2–3 раза по сравнению с традиционными батареями. Ряд производителей к малосурьмянистому свинцу добавляет различные легирующие вещества, в частности, серебро и селен. Это обеспечивает подзаряд батареи в интервале регулируемого напряжения практически без газовыделения. Вместе с тем скорость саморазряда необслуживаемой батареи снижена примерно в 5–6 раз.

Малообслуживаемая батарея имеет улучшенную конструкцию. Один из аккумуляторных электродов в ней помещен в сепаратор-конверт, опорные призмы удалены, электроды установлены на дно моноблока. Электролит, который в традиционных батареях размещался под электродами, в необслуживаемых батареях находится над электродами. Поэтому доливка воды в такую батарею необходима не чаще, чем 1 раз в 1,5–2 года.

*Необслуживаемые батареи* отличаются малым расходом воды и не требуют ее долива в течение всего срока службы. Вместо сурьмы в сплаве решеток аккумуляторов используется другой элемент. Например, применение кальция позволило уменьшить газовыделение более чем в 10 раз. Столь медленное «выкипание» большого объема воды можно «растянуть» на весь срок службы аккумулятора, вообще отказавшись от заливных отверстий и доливки воды.

Необслуживаемые батареи другого типа вместо электродных пластин включают в свой состав электроды, скрученные в плотные рулоны. Между электродами проложен тонкий сепаратор, пропитанный электролитом. При плотной упаковке электроды не требуют упрочнения сурьмой. Электролит в таких батареях связан губчатой прокладкой и не вытекает даже при повреждении корпуса батареи. При непродолжительном перезаряде газы, проходя по каналам сепаратора, вступают в реакцию и превращаются в воду. При длительном перезаряде газы, не успев прореагировать друг с другом, выходят через предохранительный клапан. Количество электролита будет в этом случае уменьшаться. Для своевременного предотвращения перезаряда в автомобиле необходимо устанавливать сигнализатор аварийного напряжения. Аккумуляторы, изготавливаемые по данной технологии, получили название «спиральные элементы» (Spiral Cell). Преимуществами этих аккумуляторов являются: большой ток холодной прокрутки, стойкость к вибрациям и ударам, большое число циклов пуска двигателя (в 3 раза

больше, чем у традиционных батарей), малый саморазряд (срок хранения без подзарядки – более года). Такие АКБ имеют обозначение VRLA.

### Основные параметры аккумуляторных батарей

*Электродвижущей силой аккумулятора  $E$*  называют разность его электродных потенциалов при разомкнутой внешней цепи:  $E = \varphi_- - \varphi_+$ , где  $\varphi_+$  и  $\varphi_-$  – потенциалы положительного и отрицательного электродов соответственно.

ЭДС батареи, состоящей из  $n$  последовательно соединенных аккумуляторов, равна сумме ЭДС элементов:

$$E_0 = \sum_{i=1}^n E_i \approx nE_i.$$

Для практических целей ЭДС может быть определена по эмпирической формуле

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

где  $\gamma_{25}$  – плотность электролита при температуре +25 °С, г/см<sup>3</sup>.

Если измерения проводились при температуре, отличной от +25 °С, то необходимо привести плотность  $\gamma_t$  к температуре +25 °С:

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

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

*Поляризацией* называется явление изменения потенциала электрода от исходного равновесного  $\varphi$  (без тока) до нового  $\varphi'$  (при прохождении тока). Поляризация является следствием затруднения протекания электродного процесса на аккумуляторных электродах. Процесс поляризации приводит к электрическим потерям в аккумуляторах, поэтому его удобно представлять как потери на некотором сопротивлении поляризации  $R_p$ . Причинами, вызывающими поляризацию, являются: изменение концентрации электролита вблизи электродов; образование на поверхности электрода слоя сульфата свинца и др. Поляризация – переходный процесс: при подключении нагрузки к батарее поляризация по экспоненте увеличивается до своего предельного

значения. Длительность этого процесса зависит от силы тока и температуры электролита. Для стартерных режимов она не превышает 10 с. С увеличением тока и температуры длительность процесса поляризации и сопротивление поляризации  $R_p$  уменьшаются.

*Омическое сопротивление* батареи  $R_0$  складывается из сопротивлений электролита  $R_э$ , сепараторов  $R_с$ , активной массы  $R_м$ , решеток  $R_p$  и соединительных элементов  $R_{сэ}$  мостиков с борнами, межэлементных перемычек помосных выводов):

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

Под сопротивлением электролита понимается сопротивление той его части, которая находится между электродами. Оно составляет примерно половину внутреннего сопротивления аккумулятора.

Внутреннее сопротивление аккумулятора зависит от степени его разряженности, температуры и значения тока. Внутреннее сопротивление в заряженном состоянии составляет несколько милиОм. В полностью разряженном состоянии возрастает в несколько раз. С понижением температуры внутреннее сопротивление также возрастает. С увеличением тока оно уменьшается из-за уменьшения сопротивления поляризации.

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

Тогда разрядная емкость определяется выражением

$$C_p = I_p \cdot t_{кон},$$

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

Разрядная емкость зависит от количества заложенных в АКБ активных веществ и степени их использования.

*Номинальная разрядная емкость* аккумуляторной батареи  $C_{20}$  определяется при 20-часовом режиме разряда током  $I = 0,05C_{20}$  при температуре плюс 25 °С.

Разряд должен прекращаться после достижения конечного напряжения 5,25 В у батареи на 6 В и 10,5 В у батареи на 12 В.

На практике при определении разрядной емкости используют внесистемную единицу измерения ампер-час (1 А·ч = 3600 Кл).



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

Для оценки стартерных свойств батарей используется параметр, называемый *током холодной прокрутки*, или *током стартерного разряда*.

Параметры режима разряда аккумуляторной батареи при определении тока стартерного разряда приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Параметры режима разряда аккумуляторной батареи	Стандарты		
	ГОСТ (Россия)	SAE (США)	DIN (Германия)
Температура, °С	-18	-18	-18
Длительность разряда, мин	3	0,5	0,5
Конечное напряжение, В	9	7,2	9

По отечественному стандарту ток стартерного разряда определяется в режиме трехминутного разряда при температуре минус 18 °С и конечном напряжении 9 В. Ток стартерного разряда по стандарту DIN определяется при тех же условиях, но при минимальной продолжительности стартерного разряда, равной 30 с (30-секундный режим разряда). По стандарту SAE ток стартерного разряда определяется подобно стандарту DIN, но конечное напряжение батареи должно быть не менее 7,2 В. Для сравнения показателей стартерного разряда аккумуляторных батарей ориентировочно можно считать, что ток холодной прокрутки по SAE в 1,6–1,7 раза больше тока стартерного разряда по DIN.

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

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

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

## Факторы, влияющие на емкость аккумуляторной батареи

Емкость АКБ зависит от множества конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Однако из принципа работы свинцово-кислотного аккумулятора следует, что в основном его емкость определяется объемом активной массы и электролита. Емкость аккумуляторной батареи существенно снижается с увеличением силы тока, что связано с резким уменьшением концентрации электролита в порах пластин, изолируемых сульфатом свинца. Зависимость емкости от разрядного тока описывается уравнением Пейкерта:

$$C_p = I^k t,$$

где  $k$  – постоянная Пейкерта для данного типа батареи;

$t$  – фактическое время разряда аккумулятора, который должен быть выражен в часах.

На рисунке 1.2 дана примерная зависимость емкости аккумуляторной батареи от разрядного тока при различной температуре.

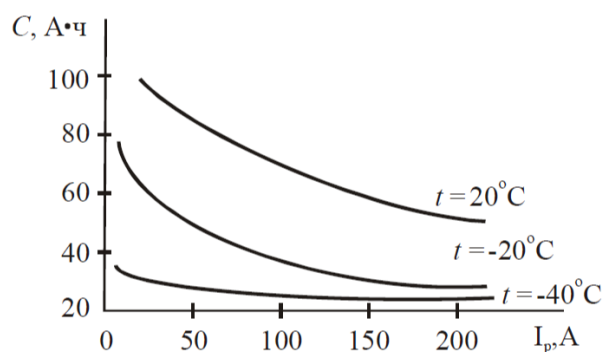


Рисунок 1.2. – Зависимость емкости батареи от разрядного тока

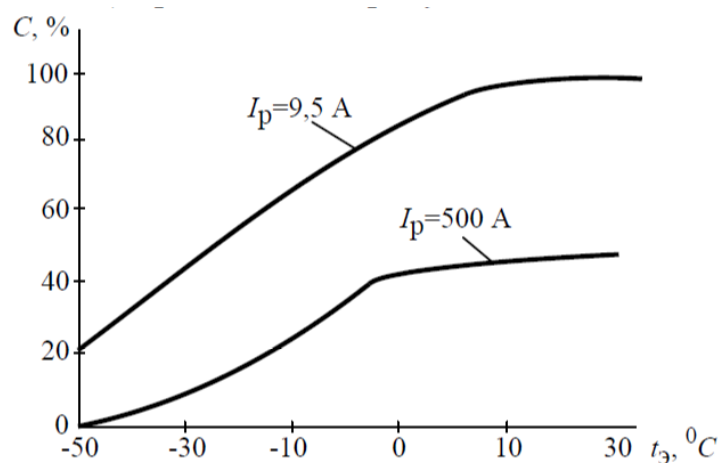


Рисунок 1.3. – Зависимость емкости АКБ от температуры электролита при различных токах разряда

Емкость аккумуляторной батареи зависит от температуры, поэтому значения емкости, полученное при температуре  $t$ , приводят к температуре 25 °С:

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + 0.01(t_{cp} - 25)},$$

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

$C_t$  – емкость, полученная при средней температуре  $t_{cp}$ ;

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

При известной начальной плотности электролита  $\gamma_{\text{э}}$  степень разряженности определяется по формуле

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

где  $\gamma_{25}$  – плотность электролита при температуре плюс 25 °С (плотности  $\gamma_{\text{э}}$  и  $\gamma_{25}$  измерены в г/см<sup>3</sup>).

### Подготовка аккумуляторной батареи к эксплуатации

Существует два способа приготовления электролита.

1 способ: концентрированная серная кислота плотностью 1,83 г/см<sup>3</sup> добавляется в дистиллированную воду (но не наоборот).

2 способ: электролит плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup> добавляется в дистиллированную воду или в электролит с плотностью ниже необходимой.

Следует учитывать, что плотность электролита для различных времен года и климатических условий должна быть различной. Например, в районах с умеренным климатом (со средней месячной температурой в январе минус 15 – минус 8 °С) плотность электролита должна быть равна  $1,26 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>, в районах с холодным климатом (со средней месячной температурой в январе минус 30 – минус 15 °С) плотность электролита должна быть равна  $1,28 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>.

Температура заливаемого электролита должна быть в пределах 15–30 °С. Перед заливкой необходимо отвернуть вентиляционные пробки и удалить элементы, герметизирующие вентиляционные отверстия.

Электролит заливают до тех пор, пока он не достигнет нижнего торца тубуса горловины крышки или определенного уровня выше предохранительного щитка. Плотность электролита, заливаемого в новую батарею, должна быть на 0,02 г/см<sup>3</sup> меньше той, которая должна быть в конце заряда для

данной климатической зоны. Если через два часа после заливки сухозаряженной батареи плотность электролита будет на  $0,03 \text{ г/см}^3$  ниже плотности этого электролита через 20 минут после заливки, то батарею следует зарядить, а затем скорректировать плотность электролита. Но желательно все же заряжать батарею в любом случае.

### **Заряд аккумуляторных батарей**

Аккумуляторные батареи можно заряжать от любого источника энергии постоянного тока при условии, что его выходное напряжение больше напряжения заряжаемой батареи. Для полного заряда батарея должна принять 150% своей емкости.

Различают два основных способа заряда: при постоянном токе и при постоянном напряжении. Продолжительность заряда при использовании обоих методов одинакова.

*Заряд при постоянном токе.* Оптимальная сила тока заряда равна  $I_3 = 0,1C_{20}$ . При повышении температуры электролита до  $45^\circ\text{C}$  необходимо снизить зарядный ток в два раза или прервать заряд для охлаждения электролита до  $30\text{--}35^\circ\text{C}$ . Методом заряда при постоянном токе можно заряжать  $n$  последовательно включенных аккумуляторов при напряжении на выходе зарядного устройства  $U_3 > 2,7n$ .

Достоинства данного метода:

- простота зарядных устройств;
- простота расчета количества электричества, сообщаемого батарее, как произведение тока и времени заряда.

Недостатки метода: при малом токе заряда – большая длительность заряда; при большом – плохая заряжаемость к концу заряда и повышенная температура электролита.

*Заряд при постоянном напряжении.* Метод имеет два недостатка, проявляющихся в начале заряда полностью разряженных батарей:

- зарядный ток достигает  $1\text{--}1,5C_{20}$ ;
- из-за большого зарядного тока перегревается аккумулятор. Поэтому для предохранения генератора от перегрузки на автомобиле устанавливаются ограничители тока.

Недостатки, присущие этим методам, частично уменьшаются комбинированными способами заряда:

- ступенчато изменяющимся током;
- смешанным способом, при котором сначала заряжают АКБ постоянным током, а затем постоянным напряжением.

К основным причинам плохой заряжаемости аккумуляторной батареи относятся:

1) высыпание активной массы из решеток вследствие коробления последних при заряде большими токами, замерзании электролита и т.п.;

2) наличие в аккумуляторном электролите примесей веществ, которые, осаждаясь на электродах, экранируют часть их рабочей поверхности, препятствуя протеканию на ней основной токообразующей реакции, и способствуют усиленному разложению воды и газовыделению;

3) сульфатация электродов (из-за хранения батареи в теплом помещении при высокой плотности электролита).

### **Хранение аккумуляторных батарей**

Новые, не залитые электролитом батареи, хранятся при температуре не ниже минус 50 °С. Максимальный срок хранения сухих батарей – 3 года. Заряженные батареи с электролитом хранятся по возможности при температуре не выше 0 °С. Минимальная температура их хранения – минус 30 °С. При чрезмерно низких температурах электролит может замерзнуть. При плотности электролита  $\gamma_{25} = 1,31 \text{ г/см}^3$  электролит замерзает при температуре ниже минус 40 °С, при  $\gamma_{25}=1,27 \text{ г/см}^3$  электролит замерзает при температуре до минус 30 °С. Срок хранения батарей с электролитом при отрицательной температуре – до 1,5 лет, при положительной – до 9 месяцев. Перед постановкой на хранение несухозаряженной батареи необходимо: полностью зарядить батарею; скорректировать при необходимости плотность электролита; удалить с батареи токопроводящий слой, используя для этого раствор пищевой соды или нашатыря.

### **Техническое обслуживание АКБ в процессе эксплуатации**

Техническое обслуживание АКБ сводится к содержанию ее в чистоте, контролю технического состояния и режима заряда.

При визуальном осмотре необходимо убедиться в чистоте поверхности АКБ. Если поверхность покрыта слоем электролита, то поверхность АКБ протирают чистой ветошью, смоченной в растворе нашатырного спирта или 10%-ном растворе кальцинированной соды.

Необходимо особенно внимательно следить за чистотой и состоянием полюсных выводов, наконечников проводов и вентиляционных пробок. Полюсные выводы и наконечники проводов смазывают техническим вазелином.

Внешний осмотр, очистка поверхности батареи, проверка ее крепления, а при необходимости и измерение уровня электролита и его плотности целесообразно проводить при каждом техническом осмотре.

### **Условное обозначение аккумуляторных батарей**

Обозначение аккумулятора емкостью свыше 30 А·ч состоит из букв и цифр, расположенных в следующем порядке:

- цифра, указывающая число последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (цифра 3 – в 6-вольтовой батарее; цифра 6 – в 12-вольтовой батарее);

- буквы, обозначающие назначение по функциональному признаку (СТ – стартерная);

- число, указывающее номинальную емкость батареи в ампер-часах при 20-часовом режиме разряда;

- буквы или цифры, которые содержат дополнительные сведения об использовании батареи (Н – несухозаряженная; З – залитая электролитом и заряженная; Л – необслуживаемая) и применяемых для ее изготовления материалах (А – пластмассовый моноблок с общей крышкой; Э – моноблок из эбонита; Т – моноблок из термопласта; П – моноблок из полиэтилена; М – сепаратор из поливинилхлорида типа «мипласт»; Р – сепаратор из мипора, Ф – хладостойкая мастика).

Например, условное обозначение батареи 6СТ-55ЭМ указывает, что батарея состоит из 6 последовательно соединенных аккумуляторов (следовательно, ее напряжение – 12 В) свинцовой электрохимической системы, предназначена для стартерного пуска двигателя; номинальная емкость батареи равна 55 А·ч при 20-часовом режиме разряда; корпус батареи сделан из эбонита, сепаратор – из мипласта.

Кроме условного обозначения по ГОСТ 18620-86E маркировка батареи должна содержать: товарный знак завода-изготовителя; знаки полярности «+» и (или) «-»; месяц и год изготовления; массу батареи в состоянии поставки.

На аккумуляторных батареях с общей крышкой дополнительно маркируют номинальную емкость в ампер-часах и номинальное напряжение в вольтах. Если ток стартерного разряда превышает номинальную емкость более чем в 3 раза, то его значение также указывается в составе маркировочных данных.

## Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит аккумулятор? Каково их назначение?
2. Какой химический состав активной массы положительных и отрицательных пластин?
3. Какие химические реакции проходят на положительной и отрицательной пластинах при разряде аккумулятора?
4. Какие химические реакции проходят на пластинах при заряде аккумулятора?
5. Из какого материала изготавливаются несущие части пластин аккумуляторов?
6. Каково назначение сепараторов в аккумуляторной батарее? Почему размеры сепараторов превышают размеры электродов?
7. С какой целью в сплав для решеток электродов свинцового аккумулятора добавляется сурьма?
8. Какие основные недостатки имеют аккумуляторные батареи, решетки электродов которых изготавливаются из сплава свинца с содержанием более 4,5%-ной сурьмы?
9. Назовите способы соединения аккумуляторов в батарее. Укажите их преимущества и недостатки.
10. Какие параметры аккумулятора считаются основными?
11. При каких условиях определяется номинальная емкость аккумуляторной батареи?
12. Что такое номинальные напряжение, ток, емкость автомобильных аккумуляторов?
13. От чего зависит ЭДС аккумуляторной батареи? Чем отличается напряжение батареи от ЭДС?
14. Как изменяется емкость аккумуляторной батареи с ростом разрядного тока и понижением температуры электролита? Почему?
15. Что представляет собой вольтамперная характеристика аккумуляторной батареи? Каким образом по ней можно определить внутреннее сопротивление?
16. Что такое резервная емкость малообслуживаемых и необслуживаемых батарей? Что характеризует этот показатель?
17. Что представляет собой электролит аккумулятора? Какова его плотность?

18. Как готовится электролит для свинцовой аккумуляторной батареи?
19. Укажите причины саморазряда аккумуляторной батареи.
20. Назовите способы заряда аккумуляторных батарей. Укажите их преимущества и недостатки.
21. Укажите признаки окончания заряда автомобильной аккумуляторной батареи.
22. Чем опасен перезаряд аккумулятора?
23. Какие штатные средства контроля заряда аккумуляторной батареи применяются на автомобилях?
24. Какие причины могут вызвать выплескивание электролита из вентиляционных отверстий во время заряда аккумуляторной батареи?
25. Укажите условия хранения аккумуляторов.
26. Какие причины могут вызвать быстрое понижение уровня электролита в аккумуляторной батарее?
27. Какие особенности имеют малообслуживаемые и необслуживаемые аккумуляторные батареи? Укажите их преимущества.
28. Какими способами можно определить полярность выводных клемм аккумуляторной батареи?
29. Как обозначаются автомобильные аккумуляторы?

### Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Пятков, К.Б. Электрооборудование автомобилей ВАЗ 2106, 2103 и их модификаций: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1999. – 54 с.
4. Боровских, Ю.И. Стартерные аккумуляторные батареи / Ю.И. Боровских, А.К. Старостин, Ю.П. Чижков. – М. : Фонд «За эконом. грамотность», 1997. – 252 с.



## Лабораторная работа 2

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

**Цель работы:** изучение конструкции, принципа действия, технологии разборки и сборки, оценка технического состояния генератора Г-221.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.

1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, методические указания к настоящей лабораторной работе, а также доступный справочный материал:

- ознакомиться с назначением и принципом действия трехфазного автомобильного генератора;
- изучить устройство автомобильных генераторов, назначение их узлов и элементов;
- ознакомиться с основными техническими характеристиками;
- ознакомиться с требованиями к техническому состоянию основных узлов и элементов;
- изучить технологию разборки генератора Г-221.

1.2. В процессе подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.

1.3. Подготовить таблицу оценки технического состояния элементов и узлов генератора по образцу, приведенному в настоящем руководстве.

2. Работа в лаборатории.

2.1. Для ознакомления с конструкцией и элементами генератора изучить демонстрационный стенд и плакаты, посвященные генератору.

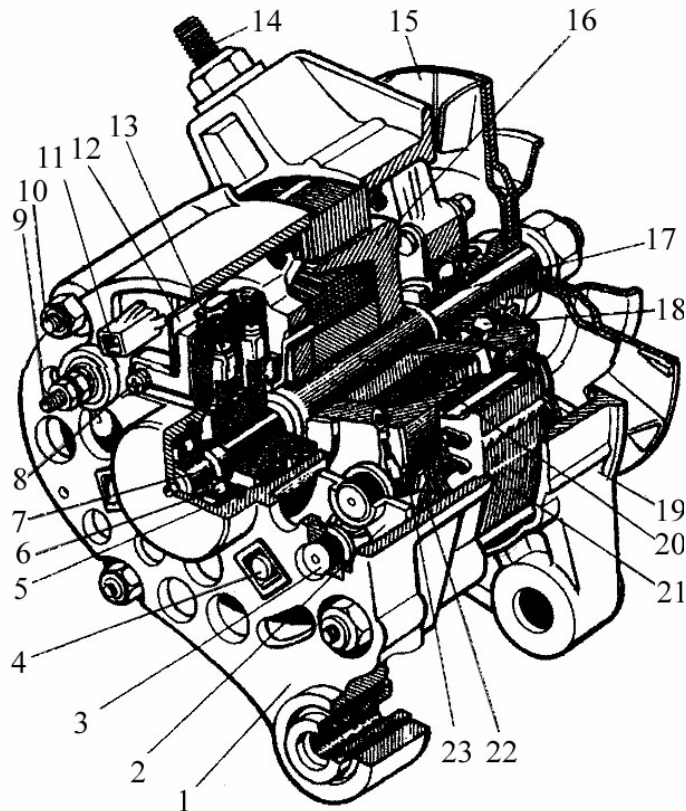
2.2. Получить набор инструментов, необходимых для разборки и сборки генератора типа Г-221.

2.3. Разобрать генератор в следующем порядке:

2.3.1. С помощью ключа № 24 отвернуть гайку крепления шкива вентилятора, снять пружинную коническую шайбу и посредством широкой отвертки снять шкив.

2.3.2. Вынуть из паза на валу ротора сегментную шпонку.

2.3.3. Отвернуть отверткой винт 8 (рисунок 2.1) крепления щеткодержателя и снять щеткодержатель.



1 – крышка со стороны контактных колец; 2 – выпрямительный блок; 3 – вентиль (диод); 4 – болт крепления выпрямительного блока; 5 – контактное кольцо; 6 – задний подшипник; 7 – вал ротора; 8 – винт крепления щеткодержателя; 9 – вывод «30» генератора; 10 – стяжной болт; 11 – штекер «нулевого привода»; 12 – щеткодержатель; 13 – щетка; 14 – шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15 – шкив с вентилятором; 16, 23 – полюс ротора; 17 – втулка; 18 – передний подшипник; 19 – крышка со стороны привода; 20 – обмотка ротора; 21 – статор; 22 – обмотка статора

Рисунок 2.1. – Устройство генератора Г221

2.3.4. Ключом № 10 отвернуть гайки четырех стяжных болтов 10.

2.3.5. Снять крышку 19 со стороны привода, а затем ротор в сборе.

2.3.6. Ключом № 7 отвернуть гайки винтов, соединяющих наконечники вентиля с выводами обмотки статора.

2.3.7. Вынуть из колодки штекерного разъема штекер 11 «нулевого» провода.

2.3.8. Извлечь статор 21 из крышки 1 генератора.

2.3.9. Ключом № 10 отвернуть гайку вывода 30 и снять выпрямительный блок 2 с вентилями положительной полярности.

2.4. Оценить техническое состояние генератора.

2.4.1. Осмотреть состояние статора генератора. Оценить состояние изоляции видимой части обмотки.

Осмотреть выводы обмотки статора и сделать заключение о состоянии изоляции выводов и их наконечников. При наличии окисления наконечников произвести их очистку с помощью абразивной бумаги. Провод статорной обмотки не должен иметь следы перегрева.

**Примечание.** Все выводы и результаты оценки технического состояния элементов и узлов записать в заготовленную ранее таблицу, аналогичную таблице 2.1.

С помощью омметра проверить целостность изоляции обмотки. Для этого один зажим прибора необходимо подключить к одному из наконечников выводов обмотки, другой – к магнитопроводу. Сопротивление изоляции должно быть равным бесконечности. С помощью омметра проверить целостность статорной обмотки, для чего следует измерить сопротивление фазных обмоток между разъемом «нулевого» провода и каждым из трех выводов статорной обмотки. Сопротивление должно быть близким к нулю.

2.4.2. Визуально проследить прохождение обмоточного провода обмотки, ближайшей к внутренней поверхности магнитопровода статора, на основании чего составить схему укладки трехфазной обмотки статора.

2.4.3. Осмотреть ротор генератора. Проверить состояние подшипников. Внешние обечайки подшипников должны свободно вращаться относительно внутренних обечаек. Кроме этого, люфт одной обечайки относительно другой должен практически отсутствовать.

2.4.4. Проверить состояние медных контактных колец. Внешние поверхности колец должны быть чистыми и ровными, без механических повреждений и задиров.

2.4.5. С помощью омметра измерить сопротивление обмотки возбуждения. Для чего прибор необходимо подключить к контактным кольцам. Прибор должен показать сопротивление в несколько Ом. На кольцах не должно быть следов подгара.

2.4.6. Измерить сопротивление изоляции обмотки возбуждения от корпуса ротора. Для этого одним щупом прибора необходимо коснуться одного из контактных колец, а другим щупом коснуться чистой поверхности магнитопровода ротора. Сопротивление изоляции должно быть равным бесконечности.

2.4.7. Проверить исправность диодов выпрямительного блока. Для этого с помощью омметра измерить их сопротивления в прямом и обратном направлении. Сопротивление диода в прямом направлении должно быть мало и практически равно бесконечности в обратном направлении. Следует обратить внимание на то, что при измерении прямого сопротивления показания омметра зависят от типа используемого прибора и составляют от нескольких до нескольких десятков Ом.

2.4.8. Осмотреть щеткодержатель со щетками. Длина щеток не должна быть менее 8 мм. Щетки должны свободно перемещаться в направляющих, не иметь сколов. Поверхность трений о кольца должна быть ровной. Направляющие щеткодержателя должны быть без механических повреждений и без следов подгара или оплавления. Щетки должны выступать из щеткодержателя не менее чем на 5 мм. Пружины щеткодержателя должны быть исправными. Исправность пружин можно проверить путем нажатия на щетки. При снятии усилия щетки должны вернуться под действием пружин в исходное положение.

2.4.9. Проверить состояние крышек генератора. Они не должны иметь механических повреждений.

2.5. Сборка генератора.

2.5.1. Поставить на место вертикальные блоки генератора. Поставить на место болт вывода «30» и завернуть с небольшим усилием гайку вывода.

2.5.2. Правильно вставить статор в заднюю крышку с вентиляльным блоком и закрепить наконечники выводов обмотки статора на выводы диодов. Неизолированные токопроводящие наконечники выводов обмотки статора и перемычки между диодами должны отстоять от радиаторов не менее чем на 3 мм.

2.5.3. Вставить ротор генератора в статор и заднюю крышку. Подшипник ротора должен плотно войти в гнездо задней крышки.

2.5.4. Поставить переднюю крышку генератора на место. Ось ротора должна войти в подшипник передней крышки. Поставить на место четыре стяжных болта. Надеть на болты шайбы и вручную завинтить гайки стяжных болтов.

2.5.5. Повернуть ось ротора на несколько оборотов. Ротор должен свободно вращаться в подшипниках и не задевать за статор. Затянуть гайки стяжных болтов и повторно проверить ротор. Ротор должен вращаться свободно.

2.5.6. Установить на место шкив приводного ремня, шпонку, шайбу. Закрепить шкив генератора на его оси с помощью гайки ключом № 24.

2.5.7. Установить на заднюю крышку щеткодержатель со щетками и закрепить их винтом с помощью отвертки.

2.6. Привести в порядок инструменты и рабочее место. Сдать набор инструментов, измерительный прибор и генератор.

2.7. Представить преподавателю для проверки таблицу оценки технического состояния генератора.

3. Оформить отчет, проведя анализ технического состояния генератора. Сформулировать заключение о пригодности генератора к эксплуатации.

## **Теоретическая часть**

### **Автомобильные генераторные установки**

В настоящее время коллекторные генераторы постоянного тока, работающие совместно с вибрационными реле-регуляторами, практически полностью вытеснены вентильными генераторами – генераторами переменного тока со встроенными в них выпрямителями. Это обусловлено следующим: вентильные генераторы при той же мощности в 1,8–2,5 раза легче генераторов постоянного тока, имеют большую максимальную мощность, более надежны. Современные вентильные генераторы включают в свою конструкцию и выпрямитель, и регулятор напряжения. В схемы генераторных установок стали добавляться элементы защиты от аварий.

Главное требование, предъявляемое к генераторным установкам, – обеспечение электропитанием потребителей во всех режимах работы автомобиля при работающем двигателе. Номинальное напряжение генератора равно 14 В или 28 В (для дизельных двигателей). Номинальная мощность генератора определяется произведением номинального напряжения на максимальную силу выходного тока. Максимальный ток, отдаваемый генератором, указывается обычно при частоте вращения  $5000 \text{ мин}^{-1}$ , для современных генераторов – при частоте  $6000 \text{ мин}^{-1}$ .

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

### **Условное обозначение генераторных установок**

Обозначение элементов современной генераторной установки производится следующим образом:

xxxx.3701 – генератор;

xxxx.3702 – регулятор напряжения.

Перед точкой в обозначении ставятся соответствующие цифры. Первые две цифры обозначают порядковый номер модели, третья – модификацию изделия, четвертая – исполнение (1 – для холодного климата; 2 – общеклиматическое исполнение; 3 – для умеренного и тропического климата; 6 – экспортное исполнение; 7 – тропическое исполнение; 8 – экспортное исполнение для стран с холодным климатом; 9 – экспортное общеклиматическое исполнение).

Цифры до точки кроме первых двух могут опускаться. Иногда модификация указывается цифрами через дефис в конце обозначения (например, 121.3702-01).

До введения этой системы обозначение генератора содержало букву Г (Г250 и т.п.), регулятора напряжения – буквы РР (РР24 и т.п.). Следующими за буквами цифры обозначали номер модели и модификацию. Некоторые изготовители давали свое обозначение изделий (например, Я112).

### **Принцип действия вентильного генератора**

Преобразование механической энергии, которую автомобильный генератор получает от двигателя внутреннего сгорания через ременную передачу в электрическую, происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Суть явления состоит в том, что если изменять магнитный поток, пронизывающий катушку, витки которой выполнены из проводящего материала, например, медного провода, то на выводах катушки появляется электрическое напряжение, равное произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока. Совокупность таких катушек образует в генераторе обмотку статора. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по значению и направлению (что обеспечивается в щеточной конструкции вентильного генератора) или только по значению (что характерно для индукторного бесщеточного генератора). Для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Эта катушка образует обмотку возбуждения. Сталь, в отличие от воздуха, хорошо проводит магнитный поток. Поэтому основные узлы генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, состоят из стальных участков и обмоток, в которых создается магнитный поток при протекании в ней электрического тока (обмотка возбуждения), и возникает электрический ток при изменении этого потока (обмотка статора).

Питание обмотки возбуждения осуществляется от источника постоянного тока, например, от аккумуляторной батареи или от самого генератора.

В последнем случае генератор работает на самовозбуждении, его первоначальное напряжение образуется за счет остаточного магнитного потока, который создается стальными частями ротора даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. Это напряжение вызывает появление электрического тока в обмотке возбуждения, в результате чего магнитный поток усиливается и вызывает лавинный процесс возбуждения генератора. Однако самовозбуждение генератора происходит на слишком высоких частотах вращения ротора. Поэтому в схему генераторной установки, если обмотка возбуждения не соединена с аккумуляторной батареей, вводят такое соединение через контрольную лампу мощностью 2-3 Вт. Небольшой ток, поступающий через эту лампу в обмотку возбуждения, обеспечивает возбуждение генератора при низких частотах вращения ротора. При работе генератора напротив катушек обмотки статора устанавливается то южный, то северный полюс ротора, при этом направление магнитного потока, пронизывающего катушку, изменяется, что и вызывает появление в ней переменного напряжения. Частота этого напряжения  $f$  зависит от частоты вращения ротора  $n$  и числа пар полюсов генератора:

$$f = \frac{(p \cdot n)}{60}.$$

У всех автомобильных генераторов отечественного производства и, за редким исключением, генераторов зарубежных фирм шесть пар полюсов. При этом частота переменного тока в обмотке статора, выраженная в Гц, меньше частоты вращения ротора генератора, измеряемой в мин<sup>-1</sup>, в 10 раз.

С учетом передаточного числа ременной передачи  $i$  от двигателя к генератору частота переменного тока, выраженная через частоту вращения коленчатого вала двигателя  $n_{дв}$  определяется соотношением

$$F = 0,1 n_{дв} \cdot i.$$

Следовательно, по частоте переменного тока генератора можно измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя, что и используется в реальных схемах подключением тахометра или любого другого устройства, реагирующего на частоту вращения коленчатого вала, к выводу обмотки статора.

Обмотка статора как отечественных, так и зарубежных генераторов – трехфазная.

Она состоит из трех обмоток фаз, которые иногда называют просто фазами, токи и напряжения в которых смещены на 120 электрических градусов, как показано на рисунках 2.2 и 2.3.

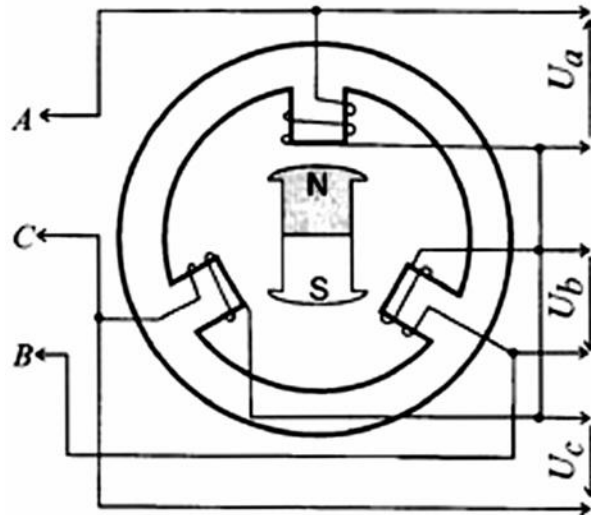
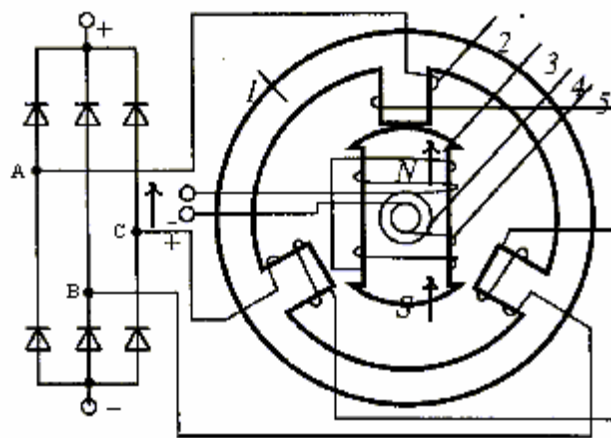


Рисунок 2.2. - Генератор переменного тока с ротором, представляющим собой постоянный магнит



1 – статор; 2 – обмотка статора; 3 – полюс ротора; 4 – контактные кольца; 5 – обмотка возбуждения

Рисунок 2.3. – Вентильный щеточный генератор (упрощенная конструкция)

Обмотка статора с его магнитопроводом образует собственно статор, главную неподвижную часть, а обмотка возбуждения с полюсной системой и некоторыми другими деталями (валом, контактными кольцами) – ротор, главную вращающуюся часть.



Фазы могут соединяться в «звезду» или «треугольник». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Фазные напряжения действуют между выводами обмоток фаз, а токи протекают в этих обмотках; линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем.

В этих проводах протекают линейные токи. Естественно, выпрямитель выпрямляет те величины, которые к нему подводятся, т.е. линейные. При соединении в «треугольник» фазные токи в  $\sqrt{3}$  раза меньше линейных, в то время как у «звезды» линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе ток в обмотках фаз при соединении в «треугольник» значительно меньше, чем у «звезды». В связи с этим в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в «треугольник», т.к. при меньших токах обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейное напряжение у «звезды» в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного, в то время как у «треугольника» они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора «треугольник» требует соответствующего увеличения числа витков фаз по сравнению со «звездой».

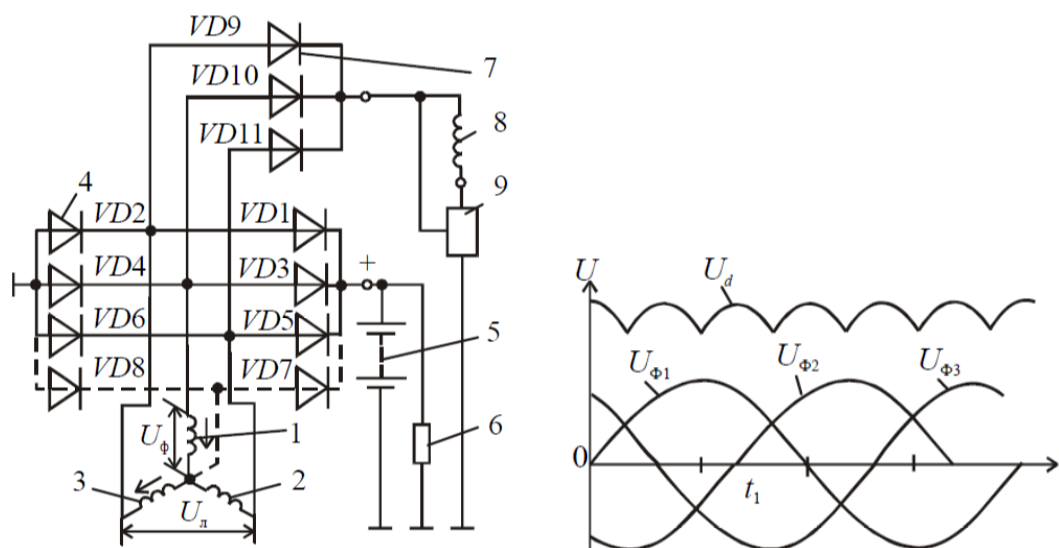
Более тонкий провод можно применять и при соединении «звезда». В этом случае обмотку выполняют из двух параллельно соединенных обмоток, каждая из которых соединена в «звезду», т.е. соединением «двойная звезда».

Выпрямитель содержит для трехфазной системы шесть силовых полупроводниковых диодов, три из которых VD1, VD3, VD5 соединены с выводом «+» генератора, три – VD2, VD4, VD6 – с выводом «–» («массой»). Однако стремление повысить мощность генератора привело к увеличению числа диодов выпрямителя до восьми и применению дополнительного плеча выпрямителя на диодах VD7, VD8, показанное на рисунке 2.4 пунктиром.

Такая схема выпрямителя может иметь место только при соединении обмоток статора в «звезду», т.к. дополнительное плечо запитывается от «нулевой» точки «звезды».

Подключение обмотки возбуждения к собственному выпрямителю на диодах VD9–VD11 препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля.

Полупроводниковые диоды находятся в открытом состоянии и не оказывают существенного сопротивления прохождению тока при приложении к ним напряжения в прямом направлении и практически не пропускают при обратном напряжении.



$U_\phi$ ,  $U_\ell$ ,  $U_d$  – соответственно фазное, линейное и выпрямленное напряжения; 1, 2, 3 – обмотки трех фаз статора; 4 – диоды силового выпрямителя; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – нагрузка; 7 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 8 – обмотки возбуждения; 9 – регулятор напряжения

Рисунок 2.4. – Принципиальная схема генераторной установки

По графику фазных напряжений (см. рисунок 2.4) можно определить, какие диоды открыты, какие закрыты в данный момент времени. Фазное напряжение  $U_{\phi 1}$  действует в обмотке первой фазы,  $U_{\phi 2}$  – второй,  $U_{\phi 3}$  – третьей. Эти напряжения изменяются по кривым, близким к синусоиде, и в одни моменты времени они положительны, в другие – отрицательны.

Если положительное направление напряжения в фазе принять по стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное от нее, то, например, для момента времени  $t_1$ , когда напряжение второй фазы отсутствует, первой фазы – положительно, а третьей – отрицательно, направление напряжений фаз соответствует стрелкам на рисунке 2.4. Ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении этих стрелок. При этом открыты диоды VD1, VD4. Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедится, что диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление – от вывода «+» генераторной установки к ее выводу «-», т.е. в нагрузке протекает однополярный (выпрямленный) ток. Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят также 6 диодов, но три из них – VD2, VD4, VD6 – общие с силовым выпрямителем. Ток в обмотке возбуждения значительно

меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов VD9–VD11 применяют малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на ток не более 2 А.

Плечо выпрямителя, содержащее диоды VD7, VD8, вступает в работу только в случае, если фазные напряжения генератора отличаются от синусоиды, что и имеет место в реальных генераторах. Напряжение любой формы можно представить в виде суммы синусоид, которые называются гармоническими составляющими, или гармониками, – основной, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высших, главным образом, третьей, частота которой в три раза выше, чем первой. Представление реальной формы фазного напряжения в виде суммы двух гармоник, первой и третьей, показано на рисунке 2.5.

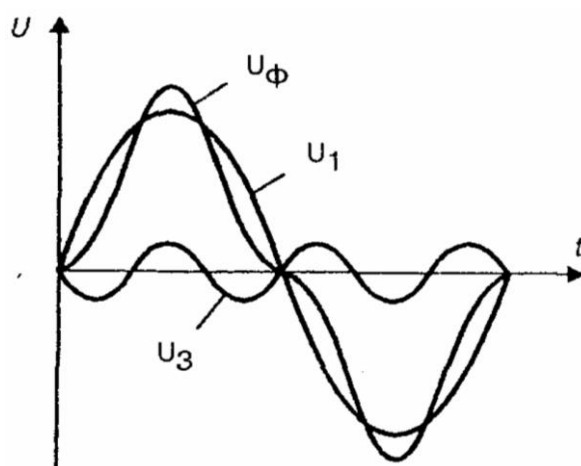


Рисунок 2.5. - Представление фазного напряжения  $U_\phi$  в виде суммы синусоид первой  $U_1$  и третьей  $U_3$  гармоник.

Из электротехники известно, что в линейном напряжении, т.е. в том напряжении, которое проводами подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе, т.е. одновременно достигают одинаковых значений и при этом взаимно уравнивают и взаимно уничтожают друг друга в линейном напряжении.

Таким образом, третья гармоника напряжения в фазном напряжении присутствует, а в линейном – нет. Следовательно, мощность, развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, может быть использована потребителем. Чтобы потребители могли использовать эту мощность, добавлены диоды VD7 и VD8, подсоединенные к нулевой точке обмоток фаз, т.е. к точке,

где сказывается действие фазного напряжения. Таким образом, диоды VD7 и VD8 выпрямляют только напряжение третьей гармоники фазного напряжения. Применение этих диодов увеличивает номинальную мощность генератора.

Как видно на рисунке 2.4, выпрямленное напряжение носит пульсирующий характер. Применение дополнительного плеча на диодах VD7, VD8 усугубляет глубину пульсации. Однако наличие аккумуляторной батареи, которая является своеобразным фильтром, сглаживает напряжение в бортовой сети автомобиля. При этом ток в самой батарее пульсирует.

Аккумуляторная батарея для своей надежной работы требует, чтобы с понижением температуры электролита напряжение, подводимое к батарее от генераторной установки, несколько повышалось, а с повышением температуры – снижалось.

Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения в отдельных системах электроснабжения применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включаемый в схему регулятора напряжения. В простейшем случае термокомпенсация в регуляторе подобрана таким образом, что в зависимости от температуры поступающего в генератор охлаждающего воздуха напряжение генераторной установки изменяется в заданных пределах.

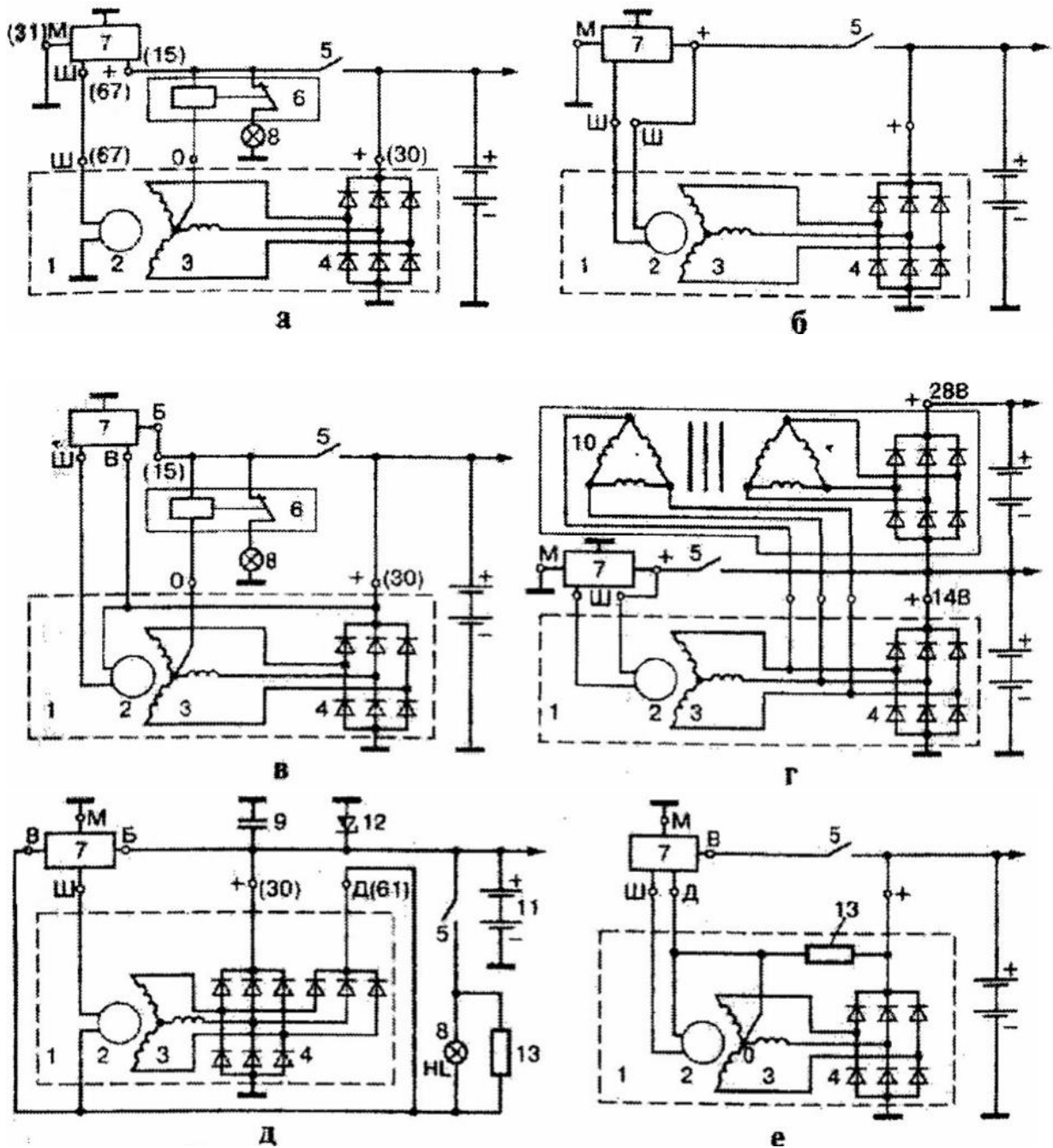
В настоящее время все больше зарубежных фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя. Для автоматического предотвращения разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля в регулятор такого типа заводится фаза генератора. Регуляторы, как правило, оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который, например, при неработающем двигателе переводит выходной транзистор в колебательный режим, при котором ток в обмотке возбуждения невелик.

После запуска двигателя сигнал с вывода фазы генератора переводит схему регулятора в нормальный режим работы.

Схема регулятора осуществляет в этом случае и управление лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки.

### **Электрические схемы генераторных установок**

Принципиальные электрические схемы генераторных установок приведены на рисунке 2.6.



1 – генератор; 2 – обмотка возбуждения; 3 – обмотка статора; 4 – выпрямитель;  
 5 – выключатель; 6 – реле контрольной лампы; 7 – регулятор напряжения; 8 – контрольная  
 лампа; 9 – помехоподавительный конденсатор; 10 – трансформаторно- выпрямительный  
 блок; 11 – аккумуляторная батарея; 12 – стабилитрон защиты от всплесков напряжения;  
 13 – резистор

Рисунок 2.6. – Схемы генераторных установок  
 (начало)

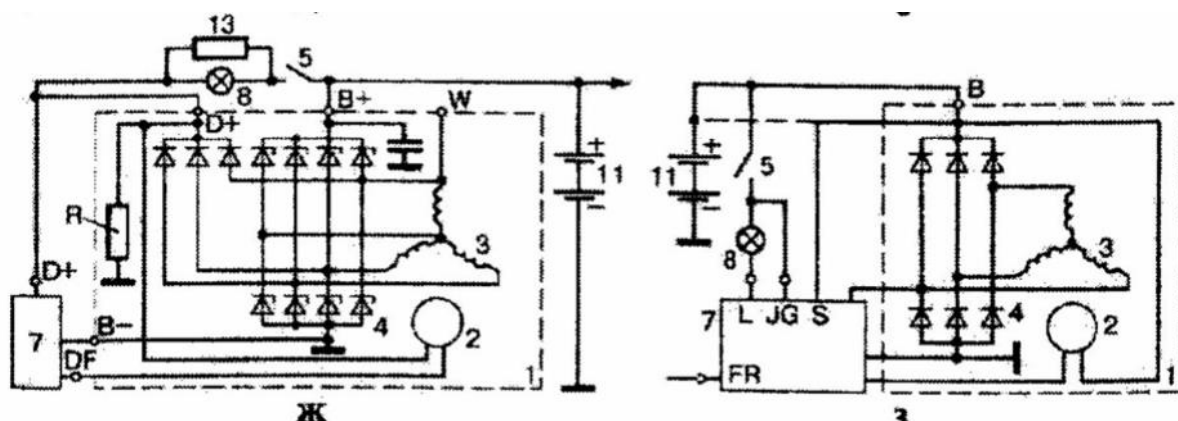


Рисунок 2.6. – Схемы генераторных установок  
(окончание; начало – с. 37)

Генераторные установки могут иметь следующие обозначения выводов:

- «плюс» силового выпрямителя: «+», В, 30, В+, ВАТ;
- «масса»: «-», D-, 31, В-, М, Е, GRD;
- вывод обмотки возбуждения: Ш, 67, DF, F, EXC, E;
- вывод для соединения с лампой контроля исправности (обычно «плюс» дополнительного выпрямителя, там, где он есть): D, D+, 61, L, WL, IND;
- вывод фазы: ~, W, R, STA;
- вывод нулевой точки обмотки статора: 0, Мр;
- вывод регулятора напряжения для подсоединения его в бортовую сеть, обычно к «+» аккумуляторной батареи: Б, 15, S;
- вывод регулятора напряжения для питания его от выключателя зажигания: IG;
- вывод регулятора напряжения для соединения его с бортовым компьютером: FR, F.

Различают два типа невзаимозаменяемых регуляторов напряжения: в одном типе (см. рисунок 2.6, а) выходной коммутирующий элемент регулятора напряжения соединяет вывод обмотки возбуждения генератора с «+» бортовой сети, в другом (см. рисунки 2.6, б, в) – с «-» бортсети. Транзисторные регуляторы напряжения второго типа являются более распространенными.

Чтобы на стоянке аккумуляторная батарея не разряжалась, цепь обмотки возбуждения генератора (см. рисунки 2.6, а, б) запитывается через выключатель зажигания. Однако при этом контакты выключателя коммутируют ток, что неблагоприятно сказывается на их сроке службы. Разгрузить контакты выключателя можно, используя промежуточное реле, но более прогрессивно, если через выключатель зажигания запитывается лишь цепь управления регулятора напряжения (см. рисунок 2.6, в), потребляющая ток силой в доли ампера.

Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле регулятора в выключенное состояние, что не позволяет току протекать через обмотку возбуждения. Однако применение выключателя зажигания в цепи гм торной установки снижает ее надежность и усложняет монтаж на автомобиле. Кроме того, в схемах на рисунках 2.6, а–в падение напряжения в выключателе зажигания и других коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора (штекерные соединения, предохранители), влияет на уровень поддерживаемого регулятором напряжения и частоту переключения его выходного транзистора, что может сопровождаться миганием ламп осветительной и светосигнальной аппаратуры, колебанием стрелок вольт- и амперметров.

Поэтому более перспективной является схема на рисунке 2.6, д, в которой обмотка возбуждения имеет свой дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «Д» этого выпрямителя и подсоединяется обмотка возбуждения генератора. Схема допускает некоторый разряд аккумуляторной батареи малыми токами по цепи регулятора напряжения и при длительной стоянке рекомендуется снимать наконечник провода с клеммы «+» аккумуляторной батареи.

В схему на рисунке 2.6, д введено подвозбуждение генератора от аккумуляторной батареи через контрольную лампу 8. Небольшой ток, поступающий в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточен для возбуждения генератора и в то же время не может существенно влиять на разряд аккумуляторной батареи. Обычно параллельно контрольной лампе включают резистор 13, чтобы даже в случае перегорания контрольной лампы генератор мог возбуждаться. Контрольная лампа в схеме на рисунке 2.6, д является одновременно и элементом контроля работоспособности генераторной установки.

В схеме применен стабилитрон 12, гасящий всплески напряжения, опасные для электронной аппаратуры.

С целью контроля работоспособности в схему на рисунке 2.6, а введены реле с нормально замкнутыми контактами, через которые получает питание контрольная лампа 8. Эта лампа загорается после включения замка зажигания и гаснет после пуска двигателя, т.к. под действием напряжения от генератора реле, обмотка которого подключена к нулевой точке обмотки статора, разрывает свои нормально замкнутые контакты и отключает контрольную лампу 8 от цепи питания. Если лампа 8 при работающем двигателе горит, значит, генераторная установка неисправна. В некоторых случаях обмотка реле контрольной лампы 6 подключается на вывод фазы генератора.

Схема рисунка 2.6, е характерна для генераторных установок с номинальным напряжением 28 В. В этой схеме обмотка возбуждения включена на нулевую точку обмотки статора генератора, т.е. питается напряжением, вдвое меньшим, чем напряжение генератора.

При этом приблизительно вдвое снижаются и величины импульсов напряжения, возникающих при работе генераторной установки, что благоприятно сказывается на надежности работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 служит тем же целям, что и контрольная лампа в схеме рисунка 2.6 д, з, т.е. обеспечивает уверенное возбуждение генератора.

На автомобилях с дизельными двигателями может применяться генераторная установка на два уровня напряжения 14/28 В. Второй уровень 28 В используется для зарядки аккумуляторной батареи, работающей при пуске ДВС. Для получения второго уровня используется электронный удвоитель напряжения или трансформаторно-выпрямительный блок (ТВБ), как это показано на рисунке 2.6, г. В системе на два уровня напряжения регулятор стабилизирует только первый уровень напряжения (14 В). Второй уровень возникает посредством трансформации и последующего выпрямления ТВБ переменного тока генератора. Коэффициент трансформации трансформатора ТВБ близок к единице.

В некоторых генераторных установках зарубежного и отечественного производства регулятор напряжения поддерживает напряжение не на силовом выводе генератора «+», а на выводе его дополнительного выпрямителя (см. схему рисунка 2.6, ж). Схема является модификацией схемы рисунка 2.6, д, с устранением ее недостатка разряда аккумуляторной батареи регулятора напряжения при длительной стоянке. Такое исполнение схемы генераторной установки возможно, т.к. разница напряжения на клеммах «+» и Д невелика. На рисунке 2.6, ж показана схема с дополнительным плечом выпрямителя, выполненная на стабилитронах, которые в нормальном режиме работают как обычные выпрямительные диоды, а в аварийных режимах предотвращают появление опасных всплесков напряжения. Резистор R, как было показано выше, расширяет диагностические возможности схемы.

Генераторные установки без дополнительного выпрямителя, но с подводом к регулятору вывода фаз, применение которых расширяется, выполняются по схеме рисунка 2.6, з. В этом случае схема генераторной установки упрощается, но усложняется схема регулятора напряжения, т.к. на него переносятся функции предотвращения разряда аккумуляторной батареи на цепь



возбуждения генератора при неработающем двигателе автомобиля и управления лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки. На вход регулятора может подаваться напряжение генератора или аккумуляторной батареи (пунктир на рисунке 2.6, з), а иногда и оба этих напряжения сразу.

Конечно, стабилитрон 12 (рисунок 2.6, д), защищающий от всплесков напряжения дополнительное плечо выпрямителя, а также выполнение выпрямителя на стабилитронах может быть использовано в любой из приведенных схем.

Некоторые фирмы применяют включение контрольной лампы через разделительный диод, а в схемах рисунков 2.6, д, ж, включение ее идет через контактное реле. В этом случае обмотка реле включается на место контрольной лампы. Если генераторная установка работает в комплексе с датчиком температуры электролита, она имеет дополнительные выводы для его подсоединения.

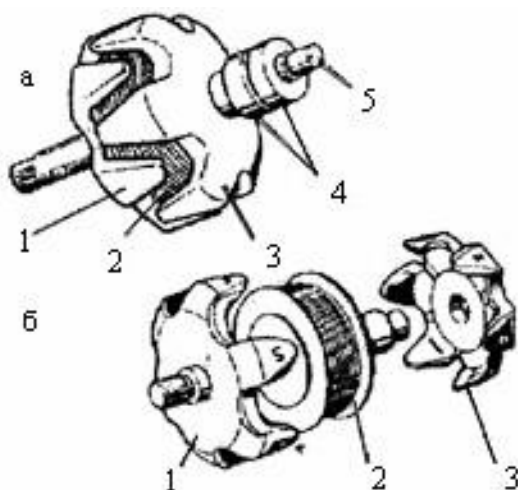
Генераторы на большие выходные токи могут иметь параллельное включение диодов выпрямителя. Для защиты цепей генераторной установки применяют предохранители обычно в цепях контрольной лампы, соединениях регулятора с аккумуляторной батареей, в цепи питания аккумуляторной батареи.

### **Конструкция генераторов**

Отечественные и зарубежные генераторы в принципе имеют идентичную конструкцию, в основу которой положена клювообразная полюсная система ротора (рисунок 2.7). Такая система позволяет создать многополюсную систему с помощью одной катушки возбуждения.

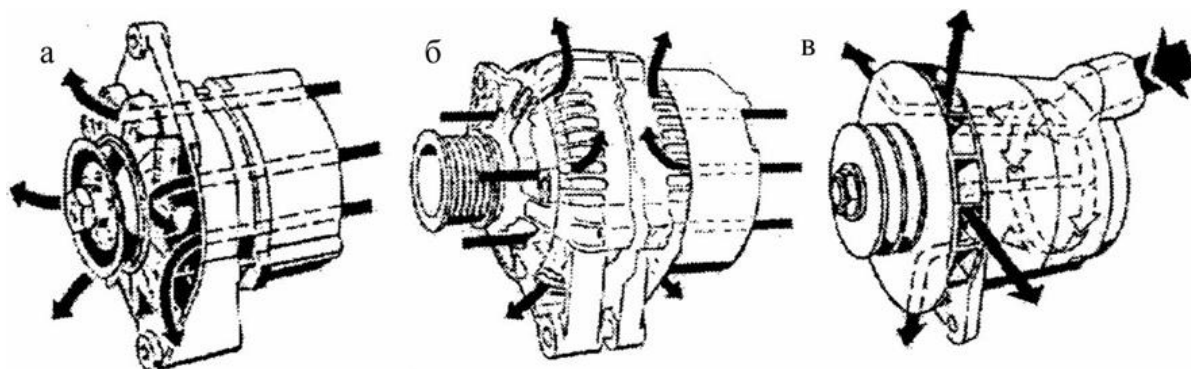
По организации системы охлаждения генераторы можно разделить на два типа: традиционной конструкции, с вентилятором на приводном шкиве (рисунок 2.8, а), и компактной конструкции, с двумя вентиляторами у торцевых поверхностей полюсных половин ротора (рисунок 2.8, б). В первом случае охлаждающий воздух засасывается вентилятором через вентиляционные окна в крышке со стороны контактных колец, во втором – через вентиляционные окна обеих крышек. Компактную конструкцию отличают наличие вентиляционных отверстий на цилиндрических частях крышек и усиленное ребрение. Малый диаметр внутренних вентиляторов позволяет увеличить частоту вращения ротора генераторов компактной конструкции, поэтому ряд фирм рекламирует их как высокоскоростные. Последние годы как в России, так и за рубежом

новые разработки генераторов обычно имеют компактную конструкцию. Для автомобилей с высокой температурой воздуха в моторном отсеке или работающих в условиях повышенной запыленности применяют конструкцию с поступлением забортного воздуха через кожух с патрубком и воздуховод (рисунок 2.8, в).



*a* – ротор в сборе; *б* – полюсная система в разобранном виде;  
1, 3 – полюсные половины; 2 – обмотка возбуждения;  
4 – контактные кольца; 5 – вал

Рисунок 2.7. – Ротор автомобильного генератора



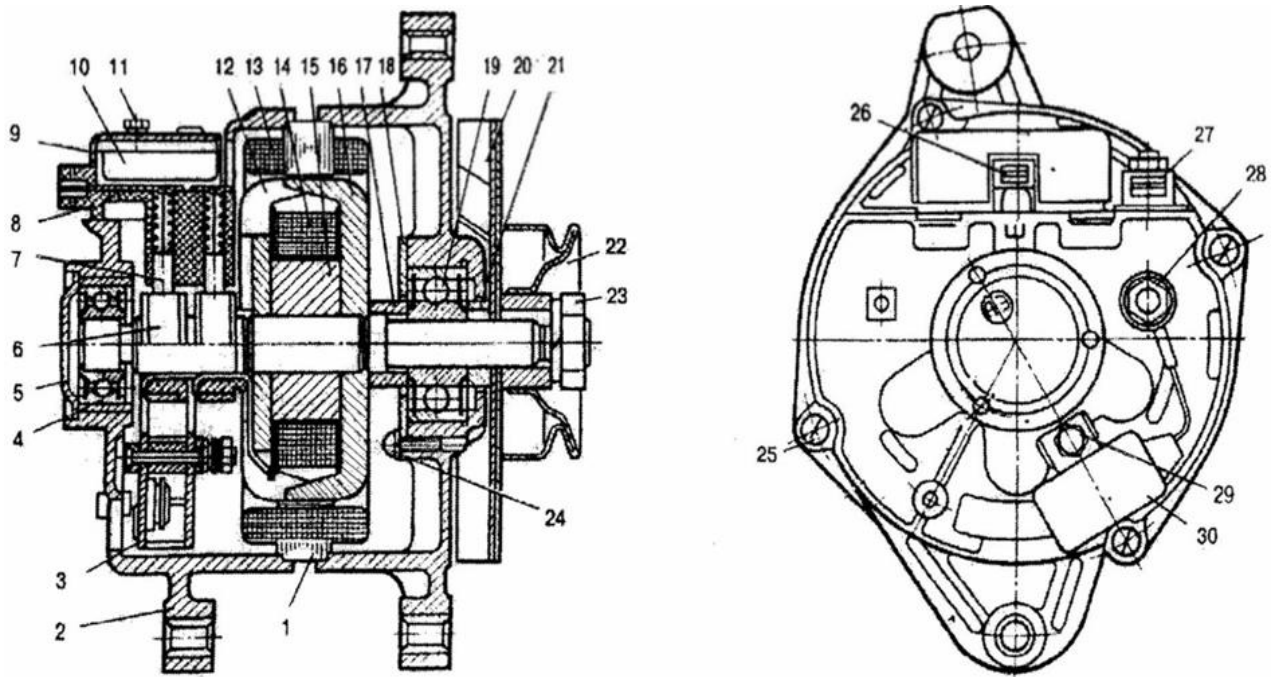
*a* - генераторы традиционной конструкции; *б* – генераторы компактной конструкции;  
*в* – для повышенной температуры подкапотного пространства.  
Стрелками указано направление движения охлаждающего воздуха

Рисунок 2.8. – Системы охлаждения генераторов

По общей компоновке генераторы разделяются на конструкции, у которых щеточный узел размещен во внутренней полости генератора и конструкции с размещением его снаружи под специальным пластмассовым кожухом. В последнем случае контактные кольца ротора имеют малый диаметр, т.к. при

сборке генератора они должны пройти через внутренний диаметр подшипника задней крышки. Уменьшение диаметра колец способствует повышению ресурса работы щеток.

На рисунке 2.9 представлен генератор традиционной конструкции 581.3701, установленный на автомобиле «Москвич».



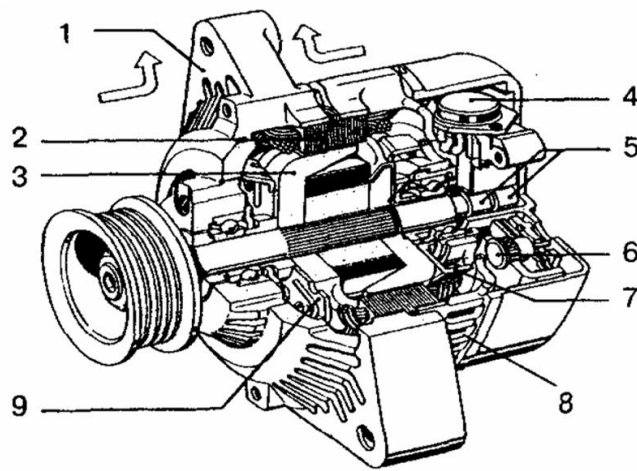
1 – статор; 2 – задняя крышка; 3 – выпрямитель; 4, 19 – подшипники; 5 – крышка подшипника; 6 – кольца; 7 – щетки; 8 – щеткодержатель; 9 – кожух; 10 – регулятор; 11 – винт крепления узла регулятора; 12, 16 – полюсные половины; 13 – обмотка статора; 14 – обмотка возбуждения; 15 – втулка ротора; 17 – стопорная втулка; 18 – фланец; 20 – вентилятор; 21 – упорная втулка; 22 – шкив; 23 – гайка шкива; 24 – винт крепления фланца подшипника; 25 – стяжные винты; 26 – штекерный вывод «Ш»; 27 – штекерный вывод фазы обмотки статора; 28 – вывод «+»; 29 – винт крепления конденсатора; 30 – конденсатор

Рисунок 2.9. – Генератор 581.3701

Генератор (см. рисунок 2.9) имеет расположение щеточных и выпрямительных узлов во внутренней полости. Регулятор встроен в щеточный узел.

На рисунке 2.10 представлен генератор компактной конструкции фирмы Bosch. Аналогичную конструкцию имеет генератор 9422.3701 автомобиля ВАЗ-2110, генератор 26.3771 автомобилей ВАЗ и АЗЛК. В этих генераторах щеточный, выпрямительный узлы и регуляторы напряжения закреплены на задней крышке под пластмассовым колпаком.

Статор генератора устанавливается между крышками, причем их посадочные места контактируют с наружной поверхностью пакета статора. Чем глубже статор утоплен в крышке, тем меньше вероятность появления перекоса подшипников, установленных в крышках. Некоторые зарубежные фирмы выпускают генераторы, у которых статор полностью утоплен в переднюю крышку, существуют конструкции, у которых средние листы пакета выступают над остальными, и они являются посадочным местом для крышки.



1, 8 – крышки; 2 – статор; 3 – ротор; 4 – регулятор напряжения;  
5 – контактные кольца; 6 – выпрямитель; 7, 9 – вентиляторы

Рисунок 2.10. – Генератор компактной конструкции фирмы Bosch

Крепежные лапы и натяжное ухо отливаются заодно с крышками. Отличием генераторов ВАЗ является наличие шпильки вместо натяжного уха. Отечественные генераторы традиционной конструкции имеют двухлапное крепление, крепежные лапы выполнены заодно с крышками. Зарубежные генераторы легковых автомобилей крепятся на двигателе обычно за одну лапу, которую имеет передняя крышка. Впрочем, однолапное крепление может осуществляться стыковкой приливов обеих крышек. На отечественных генераторах компактной конструкции расширяется применение однолапного крепления.

Пакет статора отечественных генераторов набирается из стальных листов толщиной 0,5–1 мм. Однако более прогрессивной технологией является навивка пакета из ленты или набор его из стальных подковообразных сегментов, т.к. при этом снижается расход стали. Листы скреплены между собой сваркой.

Генераторы устаревших конструкций имели 18 пазов на статоре под размещение обмотки, в настоящее время практически все генераторы массовых выпусков имеют 36 пазов.

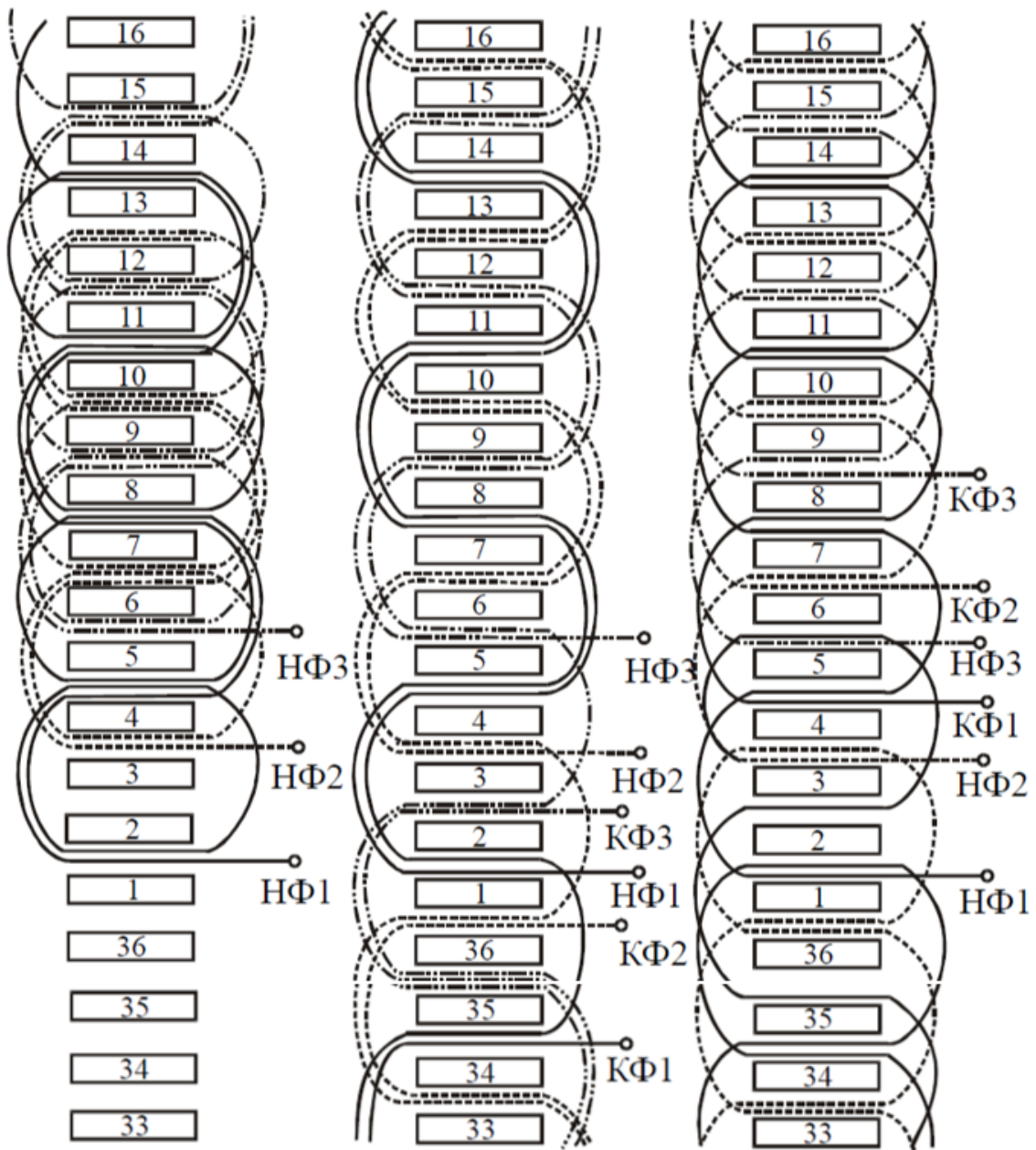
Пазы изолированы пленкоэлектрокартоном, полиэтилентерефталатной пленкой или напылением изоляции, обмотки выполняются проводами ПЭТ200, ПЭТД-180, ПЭТВМ, ПЭСВ-3 и др. Схемы обмотки статора представлены на рисунке 2.11. У распределенной обмотки секция разбивается на две полусекции, исходящие из одного паза, причем одна полусекция отходит влево, другая вправо. Петлевая обмотка имеет секции или полусекции в виде катушек с лобовыми соединениями по обе стороны пакета статора, волновая же действительно напоминает волну, т.к. ее лобовые соединения расположены поочередно то с одной, то с другой стороны статора.

Соединение фаз производится, как правило, в «звезду», однако автоматическая намотка провода большого сечения затруднена, поэтому в генераторах повышенной мощности применяют соединение в «треугольник» или две «звезды» параллельно («двойная звезда»). В таблице 2.1 приведены обмоточные данные некоторых типов отечественных генераторов.

После намотки обмотки пропитываются специальным материалом, что повышает их механическую и электрическую прочность, а также снижает нагрев.

Катушечная обмотка возбуждения имеет сопротивление, которое определяется максимально допустимой величиной тока регулятора напряжения, наматывается на каркас или непосредственно на втулку ротора. Полюсные половины при сборке напрессовываются на вал ротора под давлением, чтобы уменьшить паразитные воздушные зазоры по торцам втулки, ухудшающие характеристики генератора. При запрессовке материал полюсных половин затекает в проточки вала, делая полюсную систему ротора трудноразборной. В конструкции, где втулка разделена на две части, выполненные заодно с полюсными половинами, паразитный зазор всего один. Такое исполнение характерно для генераторов Г222; 37.3701.

У генераторов легковых автомобилей значительную проблему составляет магнитный шум генератора. Для уменьшения этого шума клювы полюсной системы имеют небольшие скосы по краям. Некоторые фирмы применяют специальное немагнитное противозумовое кольцо, расположенное под острыми краями клювов и приваренное к ним. Кольцо не дает клювам приходиться в колебание и излучать звук.



*a* – петлевая распределенная; *б* – волновая сосредоточенная;  
*в* – волновая распределенная

Рисунок 2.11. – Схемы обмоток статора

Таблица 2.1. – Обмоточные данные генераторов отечественного производства

Тип генератора	Обмотка статора		Обмотка возбуждения		
	Диаметр провода (по меди), мм	Число витков катушки	Диаметр провода (по меди), мм	Число витков	Сопротивление обмотки при 20 °С, Ом
Г221А	1,25	10	0,69	500±3	4,3±0,2
Г222	1,0	9	0,71	460±3	3,7±0,2
37.3701	1,0	8,5	0,8	420±6	2,6±0,1
16.3701	1,06	9	0,93	440±10	2,5±0,1
19.3701	1,4	8	0,95	544±5	3,0±0,15
29.3701	1,32	9	0,8	550±3	3,7±0,2
32.3701	1,12	16	0,8	550±3	3,7±0,2
38.3701	1,4	6,5	0,9	490±5	3,1±0,15
581.3701	1,18	14	0,75	464±5	3,7±0,2
582.3701	1,18	13	0,8	390±5	2,7±0,2
Г254	1,32	13	0,8	535±5	3,7±0,2
Г266	1,56	10	0,8	550±3	3,7±0,2
Г286	1,7	14	0,93	550±10	3,7±0,2
Г273	1,18	20	0,8	550±3	3,7±0,2
Г289	1,7	8	0,93	550±10	3,7±0,2
Г263	1,8	11	0,93	580±5	3,4±0,2
955.3701	1,06	38	0,8	340±5	2,3±0,4
Г287–Б	1,45	15	0,83	530±5	3,6±0,2
16.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1
1702.3771	0,95	26	0,63	710±5	8,0±0,2
19.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1
2022.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1
25.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1

Отечественные генераторы оборудованы цилиндрическими медными кольцами, к которым припаяны или приварены концы обмотки возбуждения. В мировой практике встречаются кольца из латуни или нержавеющей стали, что снижает их износ и окисление, особенно во влажной среде. Встречаются также кольца, расположенные по торцу вала.

Щеточные узлы – это пластмассовая конструкция, в которой установлены щетки двух типов: меднографитные и электрографитные. В отечественных генераторах применяются электрографитные щетки ЭГ51А размером 5x8x18 мм (генераторы Г222, 37.3701 и др.) и меднографитные М1 размером 6x6,5x13 мм (генераторы 16.3701, 58.3701 и др.). Электрографитные щетки имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцами, что неблагоприятно сказывается

на выходных характеристиках генератора, но они обеспечивают меньший износ колец.

Выпрямительные узлы, применяющиеся на автомобильных генераторах, разделяются на два типа: либо это пластины-теплоотводы, в которые запрессовываются или к которым припаиваются диоды, а как вариант – в которых герметизированы кремневые переходы, либо это сильно ребренные конструкции, к которым припаиваются диоды таблеточного типа.

Типичный выпрямительный блок БПВ11-60 генератора 37.3701, блоки генераторов фирм Bosch (Германия), Nippon Denso (Япония), относящиеся к первому типу, а также блок генераторов фирмы Magneti Marelli (Италия) второго типа вместе с применяющимися на них диодами изображены на рисунке 2.12.

Выпрямительные блоки отечественных генераторов используют диоды Д104-20, Д104-25 и Д104-35, рассчитанные, соответственно, на максимально допустимые токи 20, 25 и 35 А, или их аналоги, имеющие такие же размеры и характеристики, а также, в последних конструкциях, силовые стабилитроны. Стабилитроны применяются в основном там, где на генераторы установлены регуляторы с микросхемой на монокристалле кремния или с использованием полевых транзисторов.

Диоды и стабилитроны выполняются в корпусе диаметром 12,77 мм, в модификациях с анодом или катодом на корпусе, для запрессовки соответственно в отрицательный или положительный теплоотводы. В трехфазных генераторах максимальный ток генератора не должен превышать утроенное значение максимально допустимого тока через диод, установленный в выпрямителе. Если это происходит, применяют параллельное включение диодов или выпрямителей. В дополнительном выпрямителе устанавливаются диоды на ток 2 А.

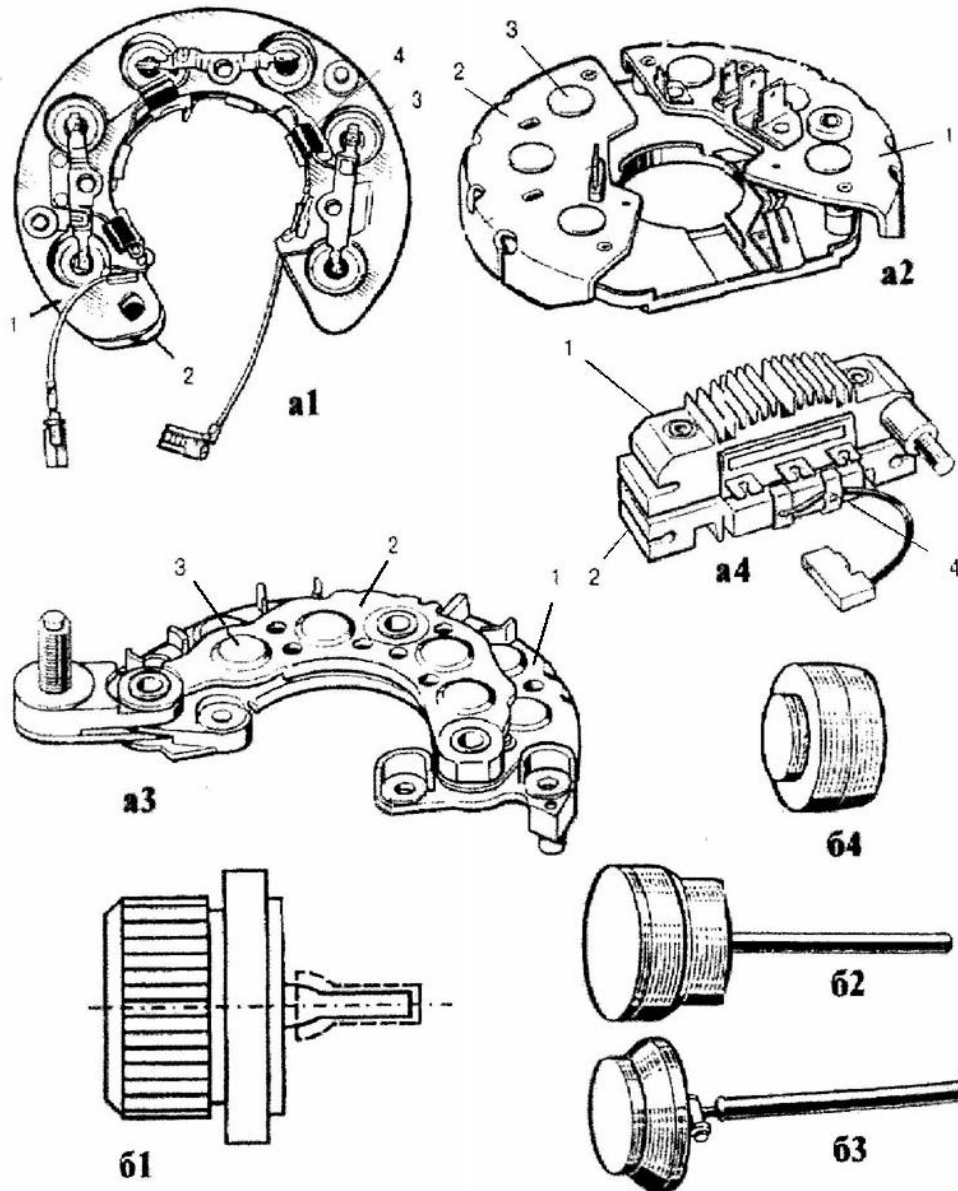
Блок БПВ 76-80-02 выполнен для работы на силовых стабилитронах и имеет 4 плеча и дополнительный выпрямитель на ток 6 А.

Аналогичный блок БПВ 26-80 имеет 3 плеча на силовых стабилитронах. В генераторе 25.3771 установлен один защитный стабилитрон. Подшипниковые узлы генераторов – это, как правило, радиальные шариковые подшипники со встроенными в подшипник уплотнениями и одноразовой закладкой смазки.

Посадка шариковых подшипников со стороны контактных колец на вал плотная, в крышку – скользящая; со стороны привода, наоборот, плотная



посадка в крышку и скользящая на вал. Такая посадка оставляет возможность проворота наружной обоймы подшипника со стороны контактных колец в гнезде с последующим выходом его из строя.



*a1, a2, a3, a4* – выпрямительные блоки, соответственно, БПВ 11–60 генератора 37.3701; генератора BOSCH; генераторов Nippon Denso; генераторов Magneti Marelli;  
*б1, б2, б3, б4* – соответственно диоды этих блоков;  
 1 – положительный теплоотвод; 2 – отрицательный теплоотвод; 3 – диоды основного выпрямителя; 4 – диоды дополнительного выпрямителя

Рисунок 2.12. – Выпрямительные блоки генераторов

Привод генератора осуществляется клиновым ремнем через шкив, установленный на валу ротора. Качество обеспечения питанием потребителей, в том числе зарядка аккумуляторной батареи, зависит от передаточного числа ременной передачи, равном отношению диаметров ручьев шкивов коленчатого вала двигателя и генератора. Чем больше это число, тем больший ток может отдать потребителям генератор. Однако при больших передаточных числах происходит ускоренный износ ремня. Поэтому для клиновидных ремней это число не превышает 2,5 (у автомобилей ВАЗ – 2,04; «Волга» ГАЗ-24 – 2,4; «Москвич» – 1,7; ЗИЛ – 431410 - 1,82).

### **Характерные неисправности генераторных станков и методы их обнаружения**

Генераторная установка исправна, если она обеспечивает заряд аккумуляторной батареи, развивает напряжение, не опасное для потребителя, и работает без шума. Современные генераторные установки являются высоконадежными агрегатами, и часто за их отказ принимают отсутствие контакта или короткое замыкание в проводке автомобиля, срабатывание предохранителя, отказ амперметра и т.п.

Некачественное соединение между выводами генератора и регулятора напряжения приводит к изменению выходного напряжения системы электропитания. В частности, повышенное сопротивление на участке между выводами «масса» генератора и регулятора (у автомобилей ВАЗ оно не должно превышать 0,01 Ом) вызывает перезаряд аккумуляторной батареи из-за роста напряжения генераторной установки. На автомобилях ВАЗ с генератором Г221 и регулятором напряжения 121.3702 повышенное сопротивление участков между генератором и регулятором вызывает мигание лампы контроля заряда на щитке приборов при работе двигателя на малых оборотах. Повышенное сопротивление может возникнуть из-за ослабления пружины держателя предохранителя в цепи регулятора напряжения, плохого контакта в выключателе зажигания или штекерных соединениях, нарушения соединения регулятора с «массой» автомобиля.

Если амперметр при работающем двигателе автомобиля показывает малую силу тока или вообще ничего не показывает, это еще не значит, что генераторная установка неисправна - аккумуляторная батарея может быть просто полностью заряжена. В этом случае необходимо следить за показаниями амперметра сразу после пуска двигателя. Постепенное уменьшение зарядного тока характеризует исправную генераторную установку.

Характерные неисправности генераторных установок и методы их устранения приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Неисправности генераторных установок и способы их устранения

Причина неисправности	Способ устранения
Генераторная установка не обеспечивает заряд аккумуляторной батареи	
Окисление выводов аккумуляторной батареи	Зачистить и смазать выводы
Отказ аккумуляторной батареи	Заменить аккумуляторную батарею
Нарушение проводки между элементами генераторной установки и потребителями	Проверить провода, подтянуть болтовые соединения, проверить надежность штекерных соединений
Срабатывание предохранителя в цепи регулятора напряжения	Установить и устранить причину срабатывания. Предохранитель заменить
Слабое натяжение приводного ремня	Подтянуть ремень
Неисправность генератора	При кратковременном замыкании выводов «Ш» и «+» регулятора напряжения генераторных установок по схеме рисунка 2.6, а, з, («Ш» и «-» установок по схемам рисунка 2.6, б, в, г, д, е) амперметр не показывает резкого скачка силы зарядного тока, а вольтметр – напряжения. Генератор снять и отправить в ремонт
Неисправность регулятора напряжения	Если при выполнении операций предыдущего пункта наблюдается резкий скачок силы зарядного тока и напряжения – регулятор неисправен, его следует заменить или отправить в ремонт
Работа генераторной установки вызывает перезаряд аккумуляторной батареи	
Отказ элементов транзисторного регулятора напряжения	Регулятор отправить в ремонт или заменить
Повышенное падение напряжения в контактных соединениях цепи между регулятором напряжения и бортовой сетью	Проверить и при необходимости зачистить, подтянуть или заменить контактные соединения в выключателе зажигания, предохранителях, штекерных и винтовых соединениях этой цепи, в том числе соединяющих регулятор напряжения с «массой»

Определенную информацию о работоспособности генераторной установки, выполненной по одной из схем рисунка 2.6, *а, в, д, ж, з*, т.е. снабженной лампой контроля заряда аккумуляторной установки, можно получить по поведению этой лампы. Прежде всего, конечно, следует убедиться, что сама лампа и реле ее включения, а также все соединения схемы, в т.ч. контакты выключателя зажигания исправны. В этом случае, если лампа не горит при неработающем двигателе при включении выключателя зажигания, причиной в схемах рисунка 2.6, *а, в* может являться замыкание обмотки статора на «массу» или замыкание минусовых диодов.

После запуска и выхода двигателя на нормальный режим работы у исправной генераторной установки лампа должна погаснуть. Тем не менее, контрольная лампа не показывает отказ регулятора напряжения, связанный с незакрыванием выходного транзистора, главным образом с коротким замыканием внутри выходного транзистора регулятора. В этом случае напряжение генераторной установки не регулируется и достигает недопустимо высоких значений, но лампа после запуска гаснет, как и у нормально работающей установки. Наиболее полную и правильную информацию о работоспособности генераторной установки может дать вольтметр с пределами измерений до 15–30 В (для генераторных установок дизелей с номинальным напряжением 28 В предел измерений вольтметра должен быть выше). При полностью заряженной аккумуляторной батарее, включенных фарах дальнего света и средних частотах вращения коленчатого вала двигателя напряжение генераторной установки между выводом «+» (вывод «30» у генераторов автомобилей ВАЗ) и «массой» должно быть в пределах 13–15 В (26–30 В у системы на напряжение 28 В). Низкое напряжение может быть вызвано отказом как генератора, так и регулятора, высокое – только отказом регулятора или повышенным падением напряжения в цепи включения регулятора в бортовую сеть. Причиной низкого напряжения может быть слабое натяжение приводного ремня, которое следует проверить. Соответствие генераторных установок предъявляемым к ним техническим требованиям и их исправность можно проверить на стенде, сняв генераторную установку с двигателя автомобиля.

Полная диагностика генератора может быть произведена только после его разборки.

Прежде всего, нужно снять с генератора регулятор, который в большинстве случаев образует с щеткодержателем единый блок. У многих типов

отечественных генераторов этот блок можно снять, отвернув два винта, крепящие кожух регулятора к крышке генератора. У генератора 37.3701 для снятия регулятора напряжения следует отвернуть два винта, крепящие одновременно металлическую пластину–теплоотвод регулятора и щеткодержатель к крышке генератора, а затем вынуть регулятор, оставив щеткодержатель на месте. Для этого между металлической пластиной регулятора и пластмассовым крепежным ушком щеткодержателя рекомендуется вставить отвертку. У генератора компактной конструкции в первую очередь следует снять пластмассовый защитный кожух, закрепленный на задней крышке. Регулятор напряжения, выполненный в металлостеклянном корпусе, снимается вместе с щеткодержателем. Щетки вместе с контактными пластинами извлекаются из щеткодержателя вместе с регулятором. Дальнейшая разборка генератора производится снятием гаек со стяжных болтов или выворачиванием этих болтов, если они ввернуты прямо в крышку. После этого статор вместе с крышкой со стороны контактных колец легко отделяется от крышки со стороны привода и ротора. Исправность катушки возбуждения проверяют омметром, подсоединенным к контактным кольцам.

Диагностика обмотки статора требует специальной аппаратуры. Визуально изоляция провода не должна иметь подгорания и осыпания.

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение генератора?
2. Как устроен генератор?
3. По каким конструктивным характеристикам различают генераторы?
4. Каково назначение ... (например, полюсов статора, якоря), и какую функцию этот узел (элемент) генератора выполняет?
5. Каков принцип действия генератора?
6. Каковы основные параметры генератора?
7. Каковы основные характеристики генератора?
8. Какие факторы обуславливают выбор генератора для конкретного автомобиля?
9. Как работает генераторная установка?
10. В чем преимущество генератора переменного тока с выпрямителем по сравнению с генератором постоянного тока?
11. Какие основные неисправности могут быть у генератора?
12. Как проводится техническое обслуживание генератора?

## Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Акимов, С.В. Автомобильные генераторные установки / С.В. Акимов, А.В. Акимов. – М. : Транспорт, 1995. – 118 с.

## Лабораторная работа 3

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАРТЕРА

**Цель работы:** изучение принципа действия автомобильного стартера, конструкции и назначение его основных узлов, технологии разборки и сборки стартера СТ221, оценка его технического состояния.

#### Программа работы

- 1 Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1 Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
    - ознакомиться с назначением стартеров и принципом их действия;
    - изучить устройство автомобильных стартеров и назначение их узлов и элементов;
    - ознакомиться с основными техническими характеристиками стартеров;
    - изучить технологию разборки и сборки стартера.
  - 1.2 В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
  - 1.3 Подготовить таблицу оценки технического состояния элементов и узлов стартера по образцу, приведенному в руководстве выполнения лабораторной работы.
- 2 Работа в лаборатории.
  - 2.1 Для более детального изучения конструкции стартера и его узлов, ознакомиться с демонстрационным стендом и плакатами.
  - 2.2 Получить набор инструментов, необходимых для разборки и сборки стартера типа СТ221.
  - 2.3 Разобрать стартер СТ221 в следующем порядке:
    - 2.3.1. Накидным ключом № 13 отвернуть гайку на нижнем контактом болте тягового реле и отсоединить от него гибкий провод обмотки статора.
    - 2.3.2. Ключом № 8 отвернуть три гайки крепления тягового реле и снять его.
    - 2.3.3. Отверткой ослабить винт крепления стяжной защитной ленты, которая находится на крышке со стороны коллектора, и снять ее вместе с прокладкой.

2.3.4. С помощью отвертки вывернуть четыре винта крепления клемм щеток и вынуть щетки крючком из щеткодержателей после освобождения их от нажатия щеточных пружин.

2.3.5. Ключом № 10 отвернуть две гайки стяжных шпилек и отсоединить корпус с крышкой со стороны привода от крышки со стороны коллектора с якорем.

2.3.6. Плоскогубцами вывернуть из крышки стяжные шпильки.

2.3.7. Отсоединить крышку со стороны коллектора от корпуса.

2.3.8. Вынуть резиновую заглушку рычага из крышки со стороны привода.

2.3.9. Расшплинтовать и с помощью выколотки вынуть из крышки ось рычага привода стартера.

2.3.10. Вынуть рычаг и якорь с приводом из крышки, а затем отсоединить рычаг от привода.

2.3.11. Снять с вала якоря регулировочную и упорную шайбы.

2.3.12. Используя трубкообразную выколотку сбить ограничительное кольцо хода шестерни.

2.3.13. Снять стопорное и ограничительное кольца.

2.3.14. Снять с вала якоря обгонную муфту.

2.3.15. Для разборки тягового реле ключом №8 отвернуть три гайки стяжных болтов и отпаять выводы обмоток от штекера "50" и от наконечника, закрепленного на нижний контактный болт тягового реле.

Основные детали разобранного стартера показаны на рисунке 3.1.

Проверить обмотку якоря на замыкание с корпусом («массой»). Для этого измерить омметром сопротивление между коллекторной пластиной и сердечником якоря. Оно должно быть не менее 10 кОм. *При наличии замыкания с корпусом якорь выбраковывается и заменяется новым.*

**Примечание.** Действия, выделенные курсивом, выполняются только при проведении технического обслуживания стартера.

2.4.1. Оценить техническое состояние якоря

— Проверить состояние коллектора. Рабочая поверхность коллектора должна быть гладкой (без следов износа) и не должна иметь следов подгорания (почернения), вызываемых искрением и механическим износом щеток. *Загрязненную, окисленную или подгоревшую поверхность коллектора протирают чистой ветошью, смоченной бензином, или зачищают мелкозернистой шлифовальной шкуркой. Сильно подгоревший и изношенный коллектор протачивается на токарном станке (минимально допустимый диаметр для СТ221 – 36 мм).*



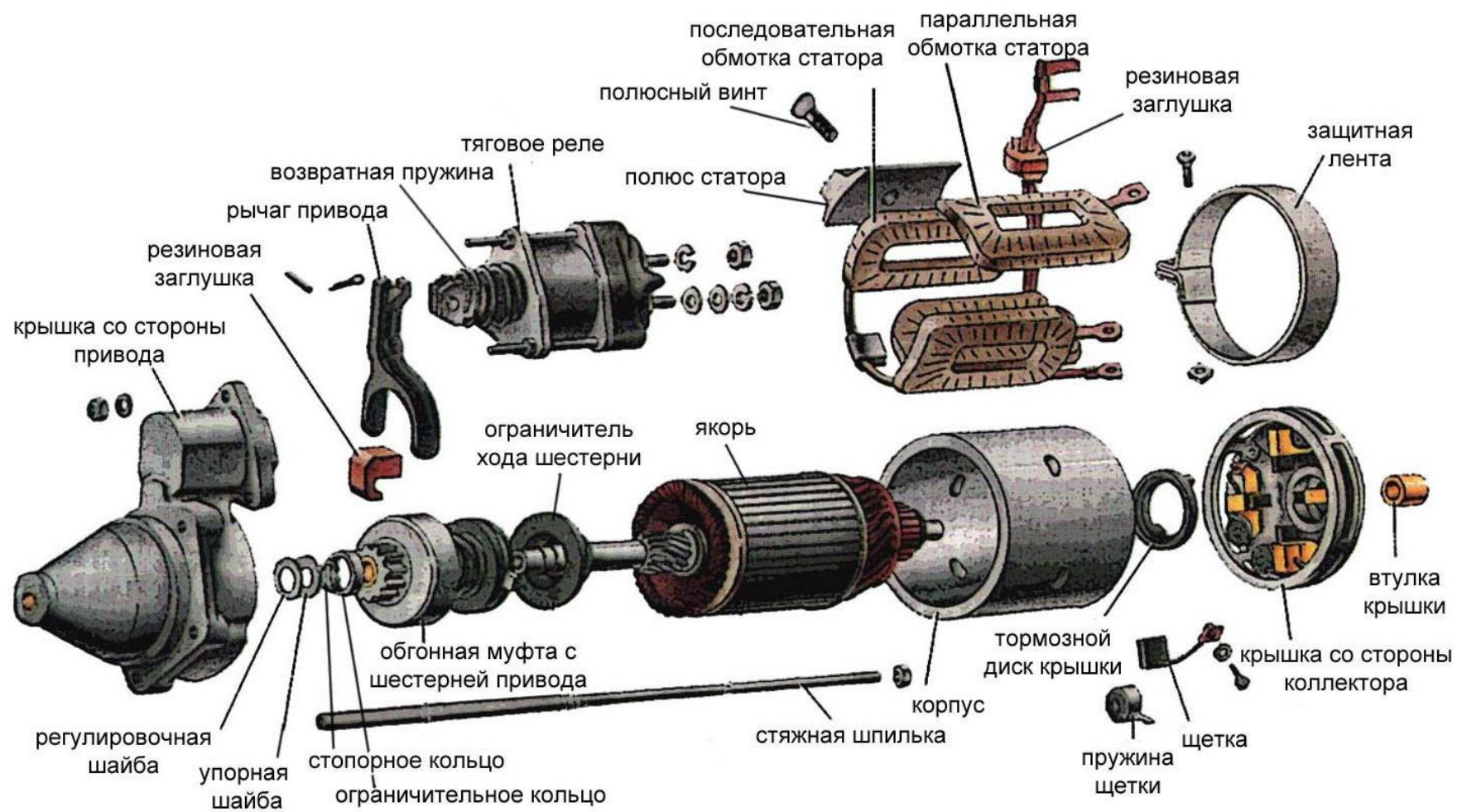


Рисунок 3.1. – Основные сборочные единицы стартера СТ 221

— Проверить качество пайки выводов секций обмотки якоря в гребешки коллектора. Пайка не должна иметь пустоты и окисленные поверхности. *При необходимости соединения пропаивают припоем с канифолью паяльником мощностью не менее 100 Вт при предварительно прогретом якоре. После пайки коллектор нужно прочистить, продуть, а места пайки покрыть лаком.*

— Проверить состояние шлицов и цапф вала якоря. На поверхности шлицов и цапф вала не должно быть задиров, забоин и износа, т.к. они могут стать причиной заедания шестерни на валу. *Если на поверхности вала появились следы желтого цвета от втулки шестерни, они удаляются мелкозернистой шлифовальной шкуркой.*

— Проверить состояние бандажа якоря. Он не должен иметь механических повреждений.

#### 2.4.2. Оценить техническое состояние статора с обмотками.

— Проверить обмотку статора на обрыв, для чего измерить омметром сопротивление катушек.

— Проверить обмотку статора на замыкание с корпусом, для чего измерить омметром сопротивление между выводом обмотки и корпусом статора. Прибор должен показывать сопротивление не менее 10 кОм.

— Осмотреть обмотку статора на наличие перегрева. На поверхности изолятора катушек статора не должно быть следов почернения.

*При наличии обрыва, замыкания на корпус или перегрева корпус с обмотками выбраковывается и заменяется новым.*

#### 2.4.3. Оценить техническое состояние крышек стартера.

— Проверить механизм привода на легкость перемещения по направлению к подшипнику крышки со стороны привода и возврат в исходное положение силой пружины. *Если перемещение привода затруднено, вал очищают от грязи и покрывают пластичной смазкой типа ЦИАТИМ. В случае заедания муфты привода после смазывания или ее пробуксовывания муфту следует заменить.*

— Проверить, свободно ли проворачиваться шестерня привода относительно вала якоря в направлении вращения якоря, при этом в обратном направлении шестерня вращаться не должна.

— Проверить степень износа шестерни привода. На ее зубьях не должно быть сколов и выкрашиваний. *Если на заходной части зубьев шестерни имеются забоины, то их нужно подшлифовать мелкозернистым наждачным кругом малого диаметра. Если детали привода повреждены или значительно изношены, привод заменяется новым.*

— С помощью измерительного щупа, имеющего нормированную толщину, проверить осевой люфт якоря. Он не должен быть более 0,7 мм. *Изменение величины свободного хода достигается подбором количества или толщины регулировочных шайб, устанавливаемых между крышкой со стороны привода и упорным кольцом на валу якоря.*

2.4.4. Оценить техническое состояние привода.

— Проверить состояние крышек и их втулок. *Если на крышке имеются трещины или втулки изношены, то они заменяются новыми.*

— Проверить, нет ли у щеткодержателей положительных щеток замыкания на корпус, для чего измерить омметром сопротивление между соответствующей щеткой и крышкой стартера.

— Проверить легкость перемещения щеток в щеткодержателях и усилие пружин. Перемещение должно быть свободным, без заеданий. Усилие пружин на щетках можно определить динамометром. Для этого под щетку нужно положить полоску бумаги, и динамометром оттягивать щеточную пружину, одновременно стараясь вытянуть бумагу из-под щетки. Давление пружины на щетку определяется в момент освобождения бумаги щеткой, оно должно составлять порядка  $9,8 \pm 0,98$  Н ( $1 \pm 0,1$  кгс). *В случае уменьшения усилия щеточных пружин более чем на 25% номинального значения необходимо заменить пружину.*

— Проверить состояние щеток, обратив внимание на степень их износа и качество поверхности. Длина щетки должна быть не менее 12 мм. Степень прилегания щетки к коллектору можно оценить визуально, приложив ее рабочей поверхностью к коллектору. *Если щетки изношены, то они заменяются новыми, предварительно притертыми к коллектору.*

2.4.5. Оценить техническое состояние тягового реле.

— Проверить легкость перемещения якоря тягового реле. *При его затрудненном ходе реле следует разобрать и смазать скользящие части.*

— С помощью омметра проверить, замыкаются ли контактные болты реле контактной пластиной, и нет ли обрыва в обмотке реле. *Если контактные болты не замыкаются, то нужно разобрать реле и зачистить контактные болты и пластину мелкозернистой шкуркой или плоским бархатным напильником. Реле с поврежденной обмоткой заменяется новым.*

— Для разобранного реле проверить, нет ли следов перегрева обмотки (почернения), а также надежность соединения выводов обмотки реле со штекером «50» и «массой».

2.5. Результаты оценки технического состояния узлов и элементов стартера занести в таблицу 3.1 (согласно приведенному образцу), и сделать заключение.

Таблица 3.1

№	Наименование	Описание технического состояния узла или элемента стартера	Заключение
1	Щетки	Рабочая поверхность ровная, края рабочей поверхности частично подвержены эл. коррозии. Гибкие выводы не имеют оборванных проводов. Наконечники подвержены загрязнению и коррозии. Длина щеток в допустимых пределах. ... и т.д.	Пригодны к дальнейшей эксплуатации после проведения технического обслуживания
2			

2.6. Собрать стартер в порядке, обратном разборке, обратив внимание на приведенные ниже рекомендации.

– При установке щеток необходимо предварительно отвести концы щеточных пружин в стороны, концы пружин должны нажимать на середину щетки.

– Предварительно собрав вместе крышки, корпус и якорь и затянув гайки стяжных шпилек, нужно проверить осевой свободный ход вала якоря. При этом якорь может быть без привода, а крышка со стороны привода без рычага.

– После сборки необходимо проверить, что якорь свободно вращается (тугое вращение якоря может быть вызвано перекосом при сборке стартера, его загрязнении, отсутствием смазочного материала или ослабленным креплением полюсов и задеванием за них якоря).

3. Оформить отчет, проведя анализ технического состояния стартера. Сформулировать заключение о пригодности стартера к эксплуатации.

## Теоретическая часть

### Система электростартерного пуска

Стартер предназначен для дистанционного пуска двигателя автомобиля. Он представляет собой электродвигатель постоянного тока с электромагнитным тяговым реле и механизмом привода.

При включении замка зажигания срабатывает тяговое реле (рисунки 3.2 и 3.3), в результате чего шестерня привода входит в зацепление с венцом маховика двигателя, и замыкаются силовые контакты в цепи питания электродвигателя.

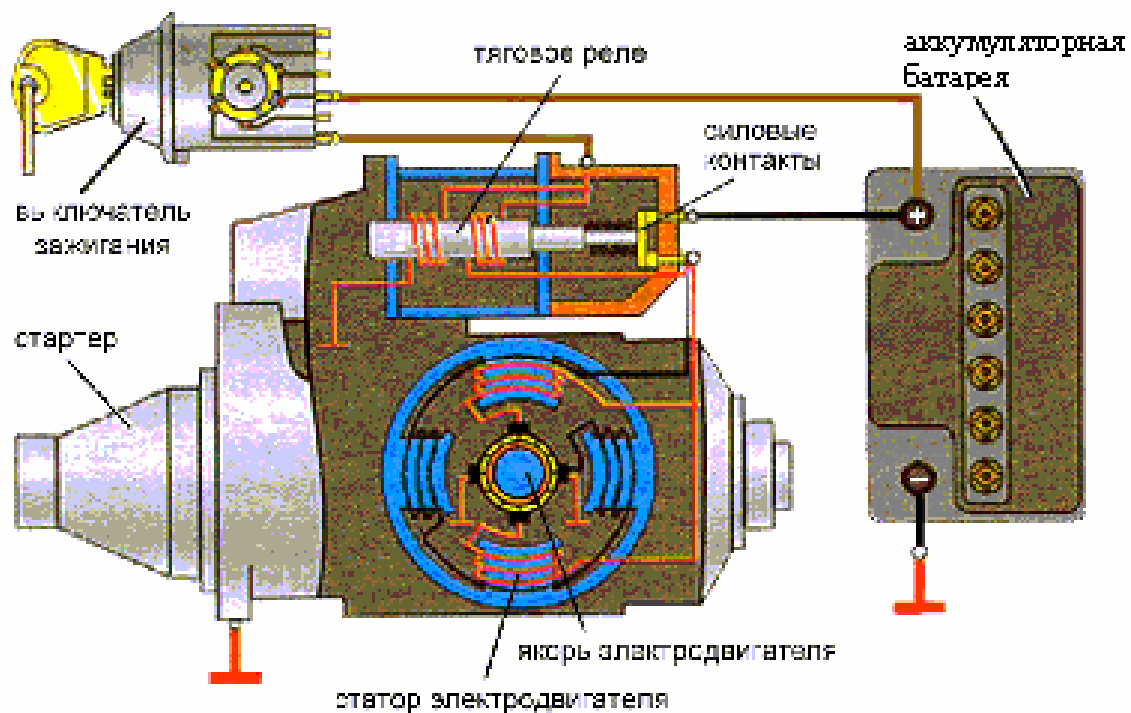


Рисунок 3.2. - Электрическая схема включения стартера

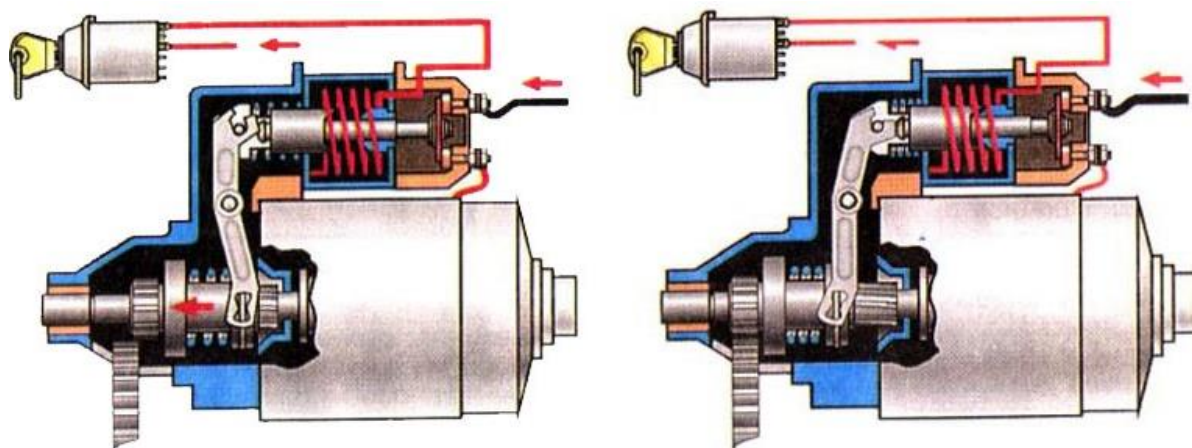


Рисунок 3.3. - Зацепление шестерни привода с венцом маховика двигателя

Якорь стартера через механизм привода приводит во вращение коленчатый вал и сообщает ему обороты, необходимые для начала самостоятельной работы двигателя. Минимальное пусковое число оборотов, при котором двигатель может начать работу, для карбюраторных систем составляет 70–90 об/мин, для дизельных двигателей и систем с впрыском бензина – 100–200 об/мин.

При пуске стартера ток разряда АКБ составляет 100–1500 А, поэтому время работы стартера ограничено. По существующим нормативам продолжительность попытки пуска бензинового двигателя составляет 10 с, дизеля – 15 с, интервал между попытками – 60 с, а после трех попыток – 3 мин.

После запуска двигателя автомобиля отпускается ключ зажигания, замыкаются силовые контакты, тяговое реле и электродвигатель отключаются от аккумуляторной батареи, привод стартера выводится из зацепления с венцом маховика.

### Обозначение стартера

Ранее стартер обозначался буквами «СТ», номером модели и ее модификацией. Например, СТ221. В настоящее время используется цифровое обозначение вида ХХХХ.3708, где первые две цифры соответствуют номеру модели, третья цифра – модификации, четвертая – исполнению (в некоторых случаях третья и четвертая цифры могут отсутствовать). Так, 5702.3708 – это стартер 57 модели, общеклиматического исполнения.

### Устройство стартеров

Стартер состоит из *корпуса*, в котором смонтированы *катушки возбуждения* с полюсами; *якоря* с обмоткой и коллектором; *крышек* (со стороны коллектора и со стороны привода); *привода*, состоящего из рычага приводной шестерни и муфты свободного хода; и *тягового реле*, состоящего из катушки, ярма, якоря, штока с контактной пластиной, крышки с контактными болтами.

*Корпус* электростартера изготавливают из трубы или стальной полосы (сталь Ст10 или Ст2) с последующей сваркой стыка. В корпусе предусмотрено отверстие для выводного болта обмотки возбуждения, но не имеется окон для доступа к щеткам (с целью улучшения герметизации).

К корпусу винтами крепят полюсы с *катушками обмотки возбуждения* (рисунок 3.4).

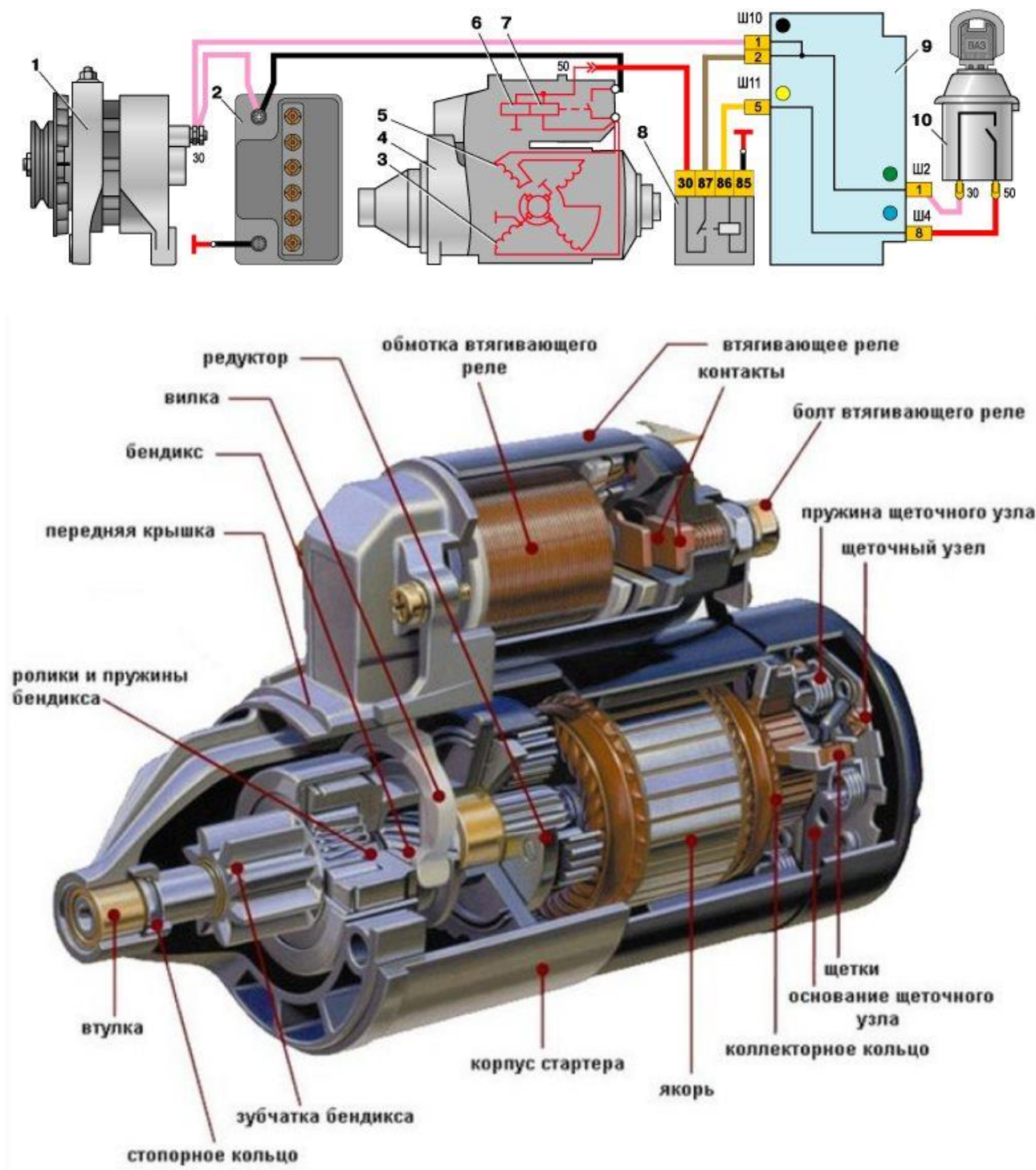


Рисунок 3.4. - Устройство стартера

Все автомобильные стартеры выполняют четырехполюсными. Катушки последовательных (сериесных) и параллельных (шунтовых) обмоток возбуждения устанавливают на отдельных полюсах, поэтому число катушек равно числу полюсов. Катушки последовательной обмотки имеют небольшое число витков неизолированного медного провода 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 или 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 покрытия, равномерные по толщине, стойкие к воздействию агрессивной среды и повышенной температуры.

*Якорь* стартера представляет собой шихтованный сердечник, в пазы которого укладываются секции обмотки. В шихтованном сердечнике меньше потери на вихревые токи. Пакет якоря напрессован на вал, вращающийся в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками, подшипниками из другого порошкового материала, либо с подшипниками качения. Пакет якоря набирают из стальных пластин (СТ 0,8 КП или СТ 10) толщиной 1–1,2 мм. Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона ЭВ толщиной 2,5 мм предохраняют от повреждения изоляционный материал лобовых частей обмотки якоря.

В стартерных электродвигателях применяют простые волновые обмотки с одно- и двухвитковыми секциями. Одновитковые секции выполняют из неизолированного прямоугольного провода марки ПММ. В этом случае проводники в пазы укладывают в два слоя и изолируют друг от друга и пакета якоря гильзами S-образной формы из электрокартона толщины 0,2–0,4 мм или полимерной пленки. Обмотки с двухвитковыми секциями наматывают круглыми изолированными проводами ПЭВ-2 и ПЭТВ.

Концы секций обмотки якоря укладывают в прорези «петушков» коллектных пластин. Конец одной секции и начало следующей по ходу обмотки присоединяют к одной коллекторной пластине. На лобовые части обмотки якоря накладывают бандажи, состоящие из нескольких витков проволоки, хлопчатобумажного шнура или стекловолоконного материала, намотанных на прокладку из электроизоляционного картона. Бандаж из стекловолокна менее дорогостоящий, для него можно не применять крепежные скобы. Бандаж может быть изготовлен в виде алюминиевого кольца с изоляционной кольцевой прокладкой из гетинакса или текстолита. Лобовые части секций изолируют друг от друга электроизоляционным картоном.

В электростартерах применяют сборные цилиндрические *коллекторы* на металлической втулке, а также цилиндрические и торцовые коллекторы с пластмассовым корпусом.



Сборные цилиндрические коллекторы, применяемые на стартерах большой мощности, составляют из медных пластин и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта. Пластины в коллекторе закрепляются с помощью металлических нажимных колец и изоляционных корпусов по боковым опорным поверхностям. От металлической втулки, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют цилиндрической втулкой из миканита. Рабочая поверхность коллектора должна иметь строго цилиндрическую форму.

В цилиндрических коллекторах с пластмассовым корпусом пластмасса является формирующим элементом коллектора. Она плотно охватывает сопрягаемые поверхности независимо от конфигурации и точности изготовления коллекторных пластин, изолирует коллекторные пластины от вала и воспринимает нагрузки. В качестве пресс-материала чаще всего используется пластмасса АГ-4С. Для повышения прочности коллектора применяют армировочные кольца из металла и пресс-материала. При небольших размерах коллектор может быть изготовлен из цельной цилиндрической заготовки, разрезаемой после опрессовки пластмассой на отдельные ламели.

Торцевой коллектор выполнен в виде пластмассового диска с залитыми в нем медными пластинами. Рабочая поверхность торцевого коллектора находится в плоскости, перпендикулярной к оси вращения якоря. Такой коллектор способствует более стабильной и длительной работе щеточного контакта.

В стартерах с цилиндрическими коллекторами *щетки* устанавливают в четырех коробчатых щеткодержателях радиального типа, закрепленных на крышке со стороны коллектора. Необходимое давление (30–120 кПа) на щетки обеспечивают спиральные пружины. Щеткодержатели изолированы 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 торцевыми коллекторами щетки размещают в пластмассовой или металлической траверсе и прижимают к рабочей поверхности коллектора витыми цилиндрическими пружинами.

Щетки имеют канатики и присоединяются к щеткодержателям с помощью винтов. Обычно щетки устанавливают на геометрической нейтрали, но 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 сильного бокового люфта.

В электростартерах применяют меднографитные щетки с добавками свинца и олова. Графита больше в щетках для мощных стартеров и стартеров для тяжелых условий эксплуатации. Размеры щеток и падение напряжения под ними зависят от допустимой плотности тока. Обычно плотность тока в щетках электростартеров находится в пределах 40–100 А/см<sup>2</sup>.

Тяговое реле обеспечивает ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключает стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее (см. рисунки 3.4 и 3.5). На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки со стороны привода. С фланцем прилива крышки реле соединяют непосредственно или через дополнительные крепежные элементы.

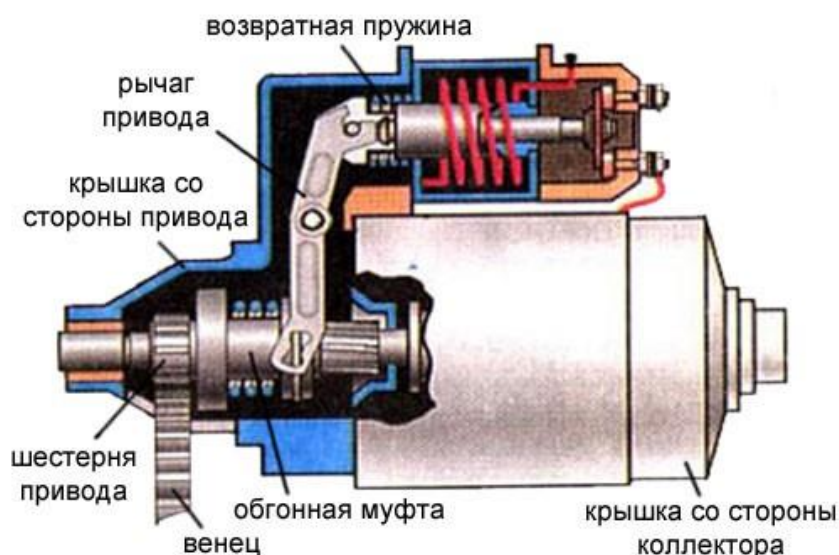


Рисунок 3.5. - Устройство тягового реле стартера

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь, воздействующий на шток с подвижным контактным диском. Два неподвижных контакта в виде контактных болтов закрепляют в пластмассовой крышке.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка, рассчитанная только на удержание якоря реле в притянутом к сердечнику состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на «массу». Втягивающая обмотка подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем и сердечником максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле

шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы. При неразделенной контактной системе подвижный контакт снабжен пружиной. Перемещение подвижного контактного диска в исходное нерабочее положение обеспечивает возвратная пружина. В разделенной контактной системе подвижный контактный диск не связан жестко с якорем реле.

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через поводковую муфту. Его отливают из полимерного материала или выполняют составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют заклепками или сваркой.

Для передачи вращающего момента от вала якоря коленчатому валу используется специальный *механизм привода*. По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры с электромеханическим перемещением шестерни привода, с инерционным или комбинированным приводом. Для предотвращения разноса якоря после пуска двигателя в автомобильные электростартеры устанавливают роликовые, храповые или фрикционно-храповые муфты свободного хода. Наибольшее распространение в электростартерах получили электромеханический привод шестерни и роликовые муфты свободного хода.

Роликовые муфты свободного хода технологичны в изготовлении, бесшумны в работе и способны при небольших размерах передавать большие крутящие моменты. Они малочувствительны к загрязнению, не требуют ухода и регулирования в эксплуатации. Работает такая муфта следующим образом (рисунок 3.6).

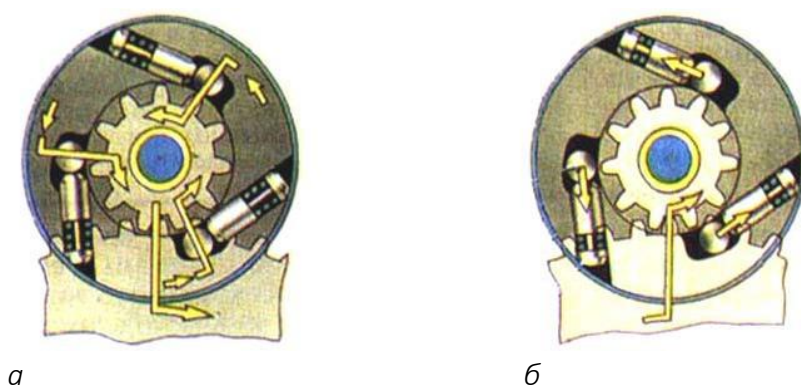


Рисунок 3.6. – Схема работы роликовой муфты свободного хода при пуске (а) и после пуска (б) двигателя автомобиля

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы. Ролики под действием прижимных пружин и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается (см. рисунок 3.6, а). Вращение от вала якоря ведущей обойме муфты передается шлицевой втулкой. После пуска двигателя частота вращения ведомой обоймы с шестерней превышает частоту вращения ведущей обоймы, ролики переходят в широкую часть клиновидного пространства между обоймами, поэтому вращение от венца маховика к якорю стартера не передается – муфта проскальзывает (см. рисунок 3.6, б).

*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.

*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 постоянство межосевого расстояния в зубчатом зацеплении при снятии и повторной установке стартера. В крышке предусмотрено отверстие, которое позволяет шестерне привода входить в зацепления 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 в процессе эксплуатации. В стартерах большой мощности бобышки подшипников имеют масляники с резервуарами для смазочного материала и смазочными фильцами.

Стартер 29.3708 имеет только одну опору в крышке со стороны коллектора. Вторая опора со стороны привода предусмотрена в картере сцепления.

В эксплуатации стартеры подвержены воздействию влаги, масла, грязи, поэтому конструкция стартера предусматривает защиту от них. Лучше защищены стартеры грузовых автомобилей. Герметизация обеспечивается установкой в места разъема резиновых колец и шайб, применением втулок и уплотнительных прокладок, а также мягких пластических материалов.

### **Устройство стартера СТ221**

На рисунке 3.7 показана в разрезе конструкция стартера СТ 221.

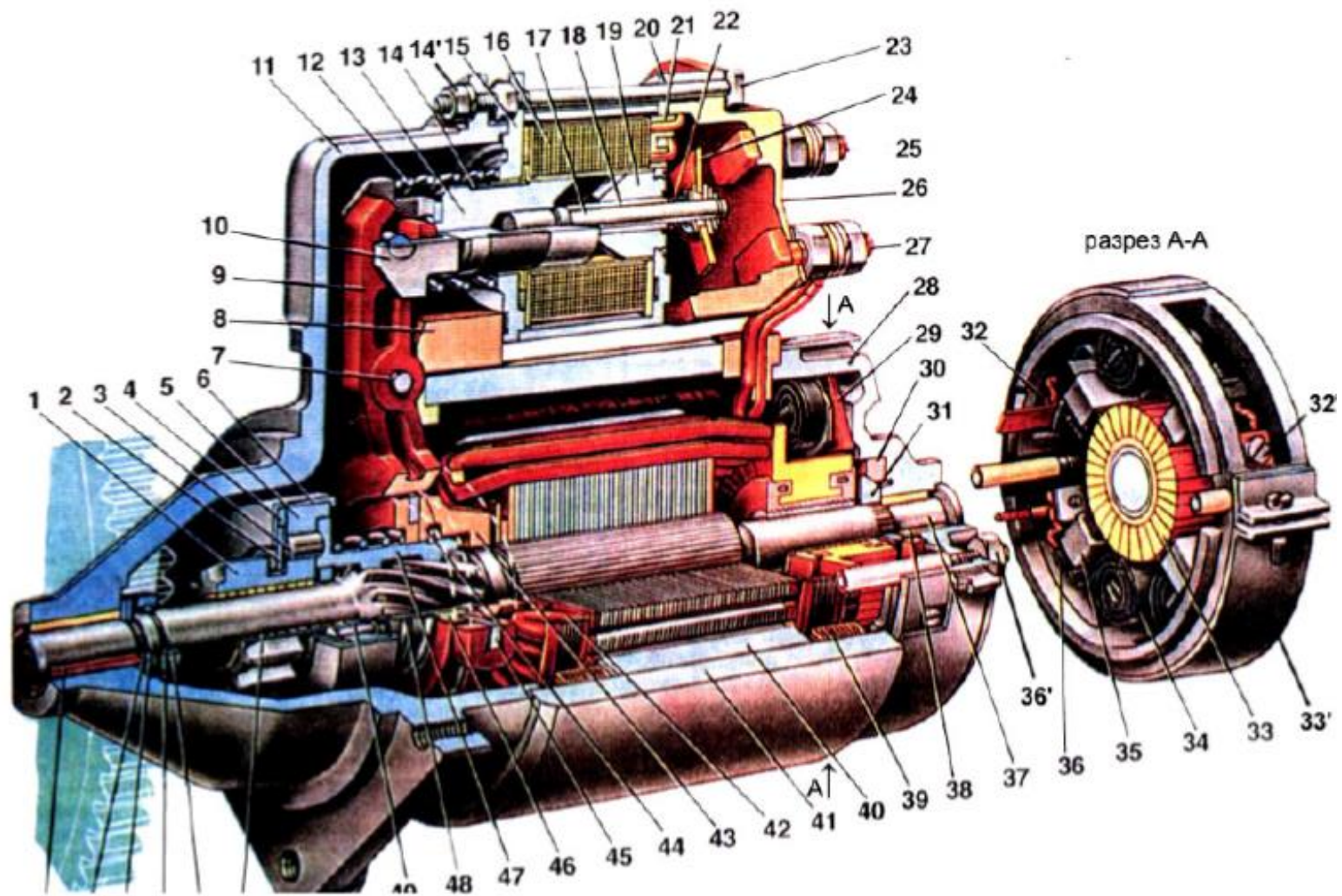


Рисунок 3.7. – Конструкция стартера СТ 221

1 – шестерня привода; 2 – упорное полукольцо обгонной муфты; 3 – ролик обгонной муфты; 4 – центрирующее кольцо обгонной муфты; 5 – наружное кольцо обгонной муфты; 6 – кожух обгонной муфты; 7 – ось рычага привода включения шестерни стартера; 8 – уплотнительная заглушка крышки стартера; 9 – рычаг привода включения шестерни стартера; 10 – тяга якоря реле; 11 – крышка стартера со стороны привода; 12 – возвратная пружина якоря реле; 13 – якорь реле стартера; 14 – скользящая втулка; 14' – гайка крепления тягового реле; 15 – передний фланец реле; 16 – обмотка реле; 17 – стержень якоря; 18 – скользящая втулка стержня якоря; 19 – сердечник реле; 20 – фланец сердечника; 21 – щека каркаса обмотки реле; 22 – пружина стержня якоря; 23 – стяжной болт реле стартера; 24 – контактная пластина; 25 – верхний контактный болт; 26 – крышка реле; 27 – нижний контактный болт; 28 – крышка стартера со стороны коллектора; 29 – внутренняя изолирующая пластина положительного щеткодержателя; 30 – тормозной диск крышки; 31 – тормозной диск вала якоря; 32 – клемма щетки стартера; 32' – винт крепления клемм щеток; 33' – защитная лента; 33 – коллектор; 34 – пружина щетки; 35 – щеткодержатель; 36 – щетка стартера; 36' – стяжная шпилька с гайкой; 37 – вал якоря; 38 – втулка крышки стартера; 39 – шунтовая катушка обмотки статора; 40 – полюс статора; 41 – корпус стартера; 42 – обмотка якоря; 43 ограничитель хода выключения шестерни; 44 – ограничительный диск хода шестерни; 45 – поводковое кольцо; 46 – центрирующий диск; 47 – ступица обгонной муфты; 48 – буферная пружина; 49 – вкладыш ступицы обгонной муфты; 50 – втулка шестерни привода; 51 – ограничительное кольцо хода шестерни; 52 – стопорное кольцо; 53 – упорная шайба вала якоря; 54 – регулировочная шайба осевого свободного хода

Стартер СТ221 представляет собой четырехполюсный электродвигатель постоянного тока со смешанным возбуждением и состоит из корпуса 41 с обмотками возбуждения, якоря с приводом, двух крышек 11 и 28 и тягового электромагнитного реле. Крышки и корпус стянуты в единое целое двумя шпильками 36', ввернутыми в крышку 11. Внутри стального корпуса закреплены винтами четыре полюса 40. На полюсы надеты катушки обмотки. Корпус вместе с полюсами и катушками образует статор стартера. Две катушки обмотки статора являются последовательными, а две другие параллельными обмотке якоря.

Якорь стартера состоит из вала 37, сердечника с обмоткой 42 из медной ленты и коллектора 33, выполненного в виде пластмассовой втулки с залитыми в ней медными пластинами. Вал якоря вращается в двух металлокерамических втулках 38, запрессованных в крышки стартера и пропитанных маслом. Осевой свободный ход вала якоря регулируется подбором шайб 54 и должен быть в пределах 0,07–0,7 мм.

На переднем конце вала якоря установлен привод стартера, состоящий из роликовой обгонной муфты и шестерни 1. Обгонная муфта состоит из наружного кольца 5 с роликами 3 и внутреннего кольца, объединенного с шестерней 1 привода. Наружное кольцо имеет три паза с отверстиями,

в которых находятся стальные ролики с пружинами, плунжерами и направляющими стержнями. Лазь для роликов с переменной шириной. В широкой части паза ролики могут свободно вращаться, а в узкой - заклиниваются между наружным и внутренним кольцами.

Электромагнитное тяговое реле стартера служит для ввода шестерни привода в зацепление с венцом маховика и для замыкания цепи питания обмоток якоря и статора. Магнитную систему реле образуют фланцы 15 и 20, ярмо (окружающее обмотку) и сердечник 19, запрессованный во фланец 20. На каркасе из латунной трубки и пластмассовых щек намотана катушка реле. На стартерах выпуска до 1981 г. имеются две обмотки: удерживающая и втягивающая. Обе обмотки намотаны в одну сторону. Начала обмоток припаяны к штекеру «50». Конец удерживающей обмотки приварен к фланцу 20 реле (т.е. соединен с «массой»), а конец втягивающей обмотки соединен с нижним контактным болтом 27 реле.

### **Принцип работы стартера СТ221**

При повороте ключа в положение II («Стартер») замыкаются контакты «30» и «50» выключателя зажигания, и через обмотки тягового реле начинает протекать ток. Под действием этого тока возникает магнитное усилие, которое втягивает якорь реле до соприкосновения с сердечником 19. При этом контактная пластина замыкает контакты 25 и 27. У стартера с двухобмоточным тяговым реле при замыкании контактных болтов втягивающая обмотка обесточивается, т.к. оба ее конца оказываются соединенными с «плюсом» аккумуляторной батареи. Поскольку якорь уже втянут в реле, то для удержания якоря в этом положении требуется сравнительно небольшой магнитный поток, который и обеспечивает одна удерживающая обмотка. Передвигаясь, якорь реле через рычаг 9 перемещает обгонную муфту с шестерней. Ступица обгонной муфты, проворачиваясь на винтовых шлицах вала якоря стартера, поворачивает также и шестерню 1, что облегчает ее ввод в зацепление с венцом маховика. Кроме того, фаски на боковых кромках зубьев шестерни и венца маховика, а также буферная пружина, передающая усилие от рычага 9 ступице 47 муфты, облегчают ввод шестерни в зацепление и смягчают удар шестерни в венец маховика. Через замкнутые силовые контакты реле идет ток питания обмоток статора и якоря. Якорь стартера начинает вращаться вместе со ступицей 47 и наружным кольцом обгонной муфты. Поскольку ролики муфты смещены пружинами в узкую часть паза наружного кольца, а шестерня тормозится венцом

маховика, то ролики заклиниваются между кольцами обгонной муфты, и крутящий момент от вала якоря передается через муфту и шестерню к венцу маховика.

После запуска двигателя частота вращения шестерни начинает превышать частоту вращения якоря стартера. Внутреннее кольцо обгонной муфты (объединенное с шестерней) увлекает ролики в широкую часть паза наружного кольца 5, сжимая пружины плунжеров. В этой части паза ролики свободно вращаются, не заклиниваясь, и крутящий момент от маховика двигателя не передается на вал якоря стартера.

После возвращения ключа в положение I («Зажигание») цепь питания обмоток тягового реле размыкается. Якорь реле под действием пружины 12 возвращается в исходное положение, размыкая контакты 25 и 27 и возвращая обгонную муфту с шестерней в исходное положение. Пружина 12 через рычаг, диск 44 и ограничитель 43 давит на якорь в сторону крышки 28. Стальной тормозной диск 31 вала якоря упирается в тормозной диск 30 крышки, и якорь быстро прекращает вращение.

### Технические характеристики стартеров

В таблице 3.2 приведены в качестве примера основные характеристики стартеров СТ221, 35.3708, 29.3708 и 421.3708.

Таблица 3.2

№	Наименование параметра	СТ221	35.3708	29.3708	421.3708
1	2	3	4	5	6
1	Номинальное напряжение, В	12	12	12	12
2	Номинальная мощность, кВт (л.с.)	1,3 (1,77)	1,3 (1,77)	1,3 (1,77)	1,5 (2,04)
3	Направление вращения (со стороны шестерни привода)	правое	правое	левое	левое
4	Возбуждение (обмотка)	смешанное	смешанное	смешанное	последовательное
5	Привод	шестерней с роликовой муфтой свободного хода			
6	Число зубьев шестерни привода стартера	11	11	11	
7	Модуль, мм	2,116	2,116	2,116	
8	Диаметр якоря, мм	66,9	66,95	66,95	65
9	Длина пакета якоря, мм	59,5	49,5	49,5	68



Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6
10	<i>Коллектор:</i>				
	тип	цилиндрический	торцовый	торцовый	цилиндрический
	диаметр, мм	39	65	65	40
	число пластин	31	31	31	31
11	<i>Обмотка статора:</i>				
	число последовательных катушек	2	3	3	4
	число витков последовательной катушки (каждой)	10	5	5	7
	размеры провода последовательной катушки, мм	1,1x5,3	2,24x5,3	2,24x5,3	1,5x5,6
	число параллельных катушек	2	1	1	–
	число витков параллельной катушки	170	170	170	–
	диаметр провода параллельной катушки, мм	0,6	0,6	0,6	–
12	<i>Обмотка якоря:</i>				
	число секций	31	31	31	31
	число витков в секции (размеры провода, мм)	1 (1,65x3,4)	1 (1,65x3,4)	1 (1,65x3,4)	1 (1,8x4,0)
	число пазов в якоре	31	31	31	29
	шаг проводников секции по пазам якоря	1-8	1-8	1-8	1-8
	шаг проводников секции по коллектору	1-15	1-15	1-15	1-15
13	<i>Щетки:</i>				
	тип	МГС20	МГС20	МГС20	МГСА
	число	4	4	4	4
	размеры, мм	7x16x20	7x16x20	7x16x20	8,8x19,2x14
	сила натяжения щеточной пружины, Н	9-11	9-11	9-1,1	10-14
14	<i>Тяговое реле:</i>				
	напряжение включения, В	9	9	9	9
	ток, потребляемый втягивающей обмоткой, А	34,3	24,4	24,4	24,4
15	<i>Режим номинал. мощности:</i>				
	крутящий момент на валу стартера, Н м	8	7,6	7,6	9,4
	частота вращения вала стартера, мин <sup>-1</sup>	1570	1650	1650	1700
	сила тока, А	270	280	280	315

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6
16	<i>Режим холостого хода:</i>				
	напряжение, В	11,5	11,5	11,5	11,5
	сила тока, А	35	75	75	75
	частота вращения вала стартера, мин <sup>-1</sup>	5000±500	5000±500	5000±500	5000±500
17	<i>Режим полного торможения:</i>				
	крутящий момент на валу стартера, Н м	14	14	14	16
	сила тока, А	500	500	500	520
	напряжение не более, В	6,5	7	7	7
18	Масса стартера, кг	8,5	7,5	6	7,2

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение стартера?
2. Как устроен стартер?
3. По каким конструктивным характеристикам различают стартеры?
4. Каково назначение ... (например, полюсов статора, якоря, коллектора, щеток, муфты свободного хода) и какую функцию этот узел (элемент) стартера выполняет?
5. Какой вид возбуждения имеет исследованный стартер?
6. Сколько обмоток в стартере? Что это за обмотки, каково их назначение?
7. Какие факторы обуславливают выбор стартера для конкретного двигателя?

### Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Пятков, К.Б. Электрооборудование автомобилей ВАЗ 2106, 2103 и их модификаций: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1999. – 54 с.

## Лабораторная работа 4

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

**Цель работы:** изучить устройство регуляторов напряжения, принцип их работы и оценить техническое состояние исследуемых регуляторов напряжения.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
    - ознакомиться с назначением регуляторов напряжения и принципом их работы;
    - изучить устройство регуляторов напряжения РР-380, 121.3702 и ознакомиться с их основными техническими характеристиками.
  - 1.2. В процессе подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
  - 1.3. Подготовить таблицы по образцам, приведенным в руководстве по выполнению лабораторной работы.
2. Работа в лаборатории.
  - 2.1. Для более детального изучения устройства и принципа работы регуляторов напряжения ознакомиться с демонстрационным стендом и плакатами.
  - 2.2. Получить у преподавателя или дежурного лаборанта регуляторы напряжения, а также необходимое оборудование и инструменты для их исследования: цифровой мультиметр; лампочку (12 В, 5 W); отвертку, шлифовальную шкурку, спирт (бензин), паяльник.
  - 2.3. Оценить техническое состояние регулятора напряжения РР-380:
    - обратить внимание на степень электроэрозионного износа контактов и степень окисления их поверхности;
    - проверить состояние контактов. Окисленные контакты зачистить шлифовальной шкуркой, а затем протереть плотной тканью, смоченной спиртом или очищенным бензином;

– проверить с помощью омметра обмотку регулятора напряжения на обрыв;

– проверить и при необходимости отрегулировать зазоры обеих пар контактов. Зазор между якорем и сердечником катушки должен быть  $1,4 \pm 0,1$  мм. Его можно отрегулировать смещением отверткой стойки верхнего контакта. Зазор между нижней парой контактов должен составлять  $0,45 \pm 0,1$  мм, он регулируется смещением стойки нижнего контакта также с помощью отвертки.

2.4. Оценить техническое состояние регулятора 121.3702.

Произвести разборку регулятора напряжения в следующей последовательности:

а) осторожно надавить сверху на крышку и, потянув ее на себя, извлечь из пазов;

б) отвернуть винты, обеспечивающие плотное прилегание транзистора к теплоотводу;

в) отсоединить печатную плату от разъема с помощью паяльника;

г) произвести проверку состояния электронных элементов и печатного монтажа по внешнему виду.

Произвести сборку регулятора в обратном порядке.

Проверить работоспособность регулятора напряжения 121.3702.

Для этого:

а) собрать электрическую цепь по схеме на рисунке 4.1.

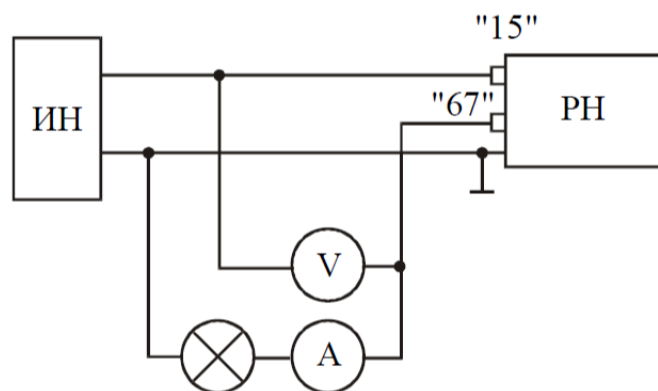


Рисунок 4.1. – Схема проверки регулятора напряжения 121.3702

б) установить на источнике напряжения (ИН) значение 12 В. Отметить состояние контрольной лампы;

в) плавно повышать напряжение ИН до тех пор, пока лампочка не погаснет, и записать это значение напряжения;

г) плавно уменьшать напряжение ИН до тех пор, пока лампочка не загорится, и также записать это значение напряжения. Результаты оценки технического состояния исследуемых регуляторов напряжения занести в таблицу 4.1 (согласно приведенному образцу). Сделать заключение о соответствии параметров исследованного регулятора напряжения исправному.

Таблица 4.1

№ п/п	Регулятор напряжения	Описание технического состояния	Заключение
1	РР-380 ...	Окисление контактов отсутствует. Зазоры между контактами в норме и т.д. ....	Регулятор (не) исправен .....
2			

3. По результатам проделанной работы сделать обобщенные выводы для каждого исследованного регулятора напряжения и оформить отчет.

### Теоретическая часть

Регулятор напряжения предназначен для автоматического поддержания постоянного напряжения на выходе генераторной установки независимо от частоты вращения якоря (ротора) и нагрузки генератора.

По способу регулирования силы тока возбуждения их подразделяют на два вида:

- регуляторы непрерывного действия, в которых все сигналы представляют собой непрерывные функции времени (например, угольный регулятор напряжения);

- регуляторы дискретного действия, осуществляющие модулирование сигналов (АИМ, ШИМ, ВИМ, ЧИМ и др.).

Практическое применение для регулирования напряжения и тока автомобильного генератора нашли дискретные регуляторы.

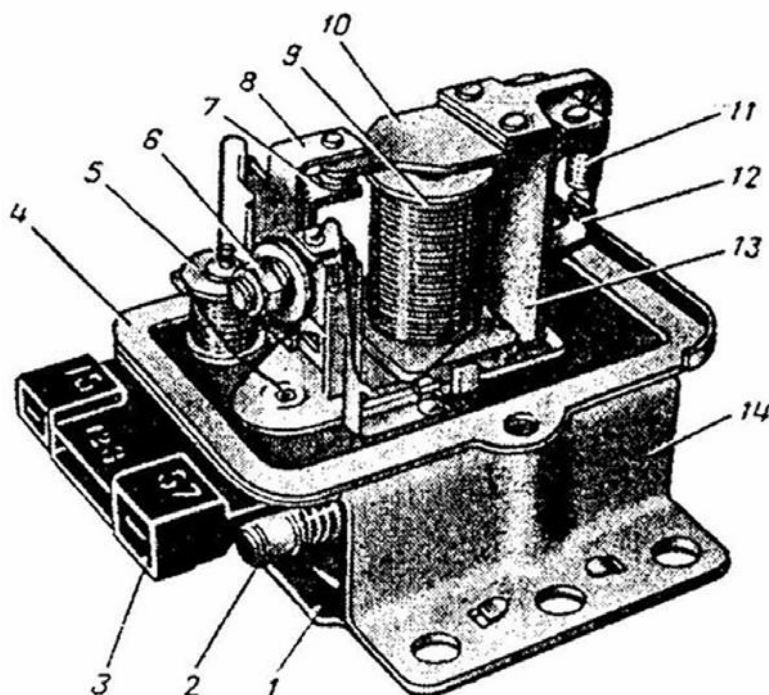
По конструктивным признакам и применяемой элементной базе регуляторы напряжения подразделяют на контактные (вибрационные), контактно-транзисторные и бесконтактные (транзисторные, теристорные и интегральные).

На первых моделях автомобилей семейства ВАЗ широко использовались вибрационные двухступенчатые регуляторы напряжения типа РР380,

которые позднее без каких-либо изменений в системе электрооборудования автомобиля заменены на электронный бесконтактный регулятор типа 121.3702.

### Устройство регулятора напряжения РР-380

Регулятор напряжения РР-380 представляет собой электромагнитное реле (рисунок 4.2).



1 – защитная пластина; 2 – дополнительный резистор; 3 – нижняя прокладка с гнездами штекеров «15» и «67»; 4 – прокладка крышки; 5 – дроссель; 6 – гайка крепления стоек; 7 – стойка нижнего контакта; 8 – стойка верхнего контакта; 9 – обмотка регулятора; 10 – якорь; 11 – пружина якоря; 12 – кронштейн пружины; 13 – ярмо; 14 – основание

Рисунок 4.2. – Регулятор напряжения РР-380

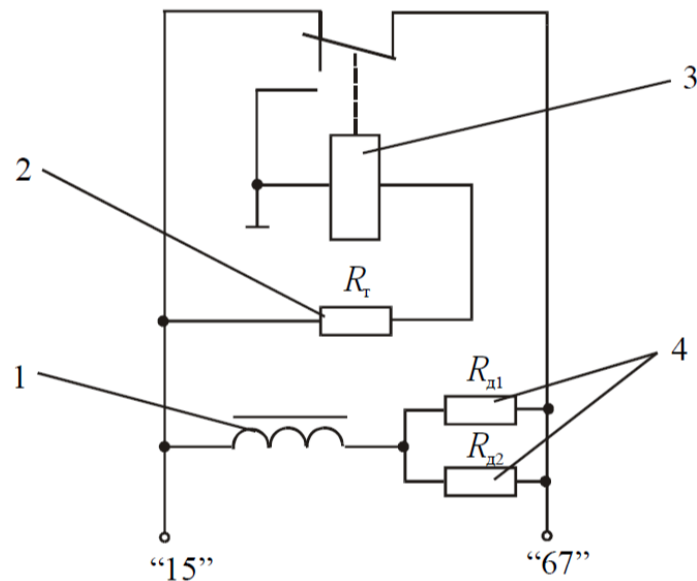
У него есть магнитная система, состоящая из цилиндрического сердечника и V-образного ярма 13, катушка с обмоткой 9 на пластмассовом каркасе, якорь 10 с подвижным контактом и две стойки 7 и 8 с неподвижными контактами. Пазы в стойках позволяют передвигать их вверх и вниз при регулировке регулятора.

Верхний и нижний контакты якоря в сочетании с контактами стоек образуют две пары контактов – верхнюю (контакты 1-й ступени регулирования) и нижнюю (контакты 2-й ступени регулирования). Пружиной якорь прижат

к контакту верхней стойки. Подгибая нижний кронштейн пружины, можно изменять ее натяжение и этим регулировать величину напряжения, при котором будет размыкаться верхняя пара контактов. Под основанием на изоляционной прокладке находятся термокомпенсирующий и два дополнительных резистора 2 с общим сопротивлением 5,5 Ом.

Термокомпенсирующий резистор обеспечивает снижение температурной зависимости напряжения, поддерживаемого регулятором.

Дроссель 5 служит для уменьшения искрения между верхней парой контактов. Электрическая схема регулятора напряжения представлена на рисунке 4.3.



1 – дроссель; 2– термокомпенсирующий резистор; 3 – обмотка регулятора;  
4 – дополнительные резисторы

Рисунок 4.3. - Электрическая схема регулятора напряжения

### Принцип действия регулятора РР-380

После включения зажигания в цепи обмотки возбуждения генератора протекает ток.

Через обмотку регулятора напряжения также протекает ток, но еще не настолько сильный, чтобы якорь притянулся к сердечнику и разомкнулась верхняя пара контактов регулятора напряжения.

После пуска двигателя выпрямленное напряжение генератора больше напряжения аккумуляторной батареи. Обмотка возбуждения генератора и обмотка регулятора напряжения питаются от генератора. Аккумуляторная батарея заряжается.

При возрастании частоты вращения ротора генератора напряжение увеличивается и, когда оно достигнет 13,2–14,3 В, вступает в действие первая ступень регулирования. Магнитное притяжение якоря преодолевает натяжение пружины, и якорь притягивается к сердечнику. Верхняя пара контактов размыкается, и в цепь обмотки возбуждения включаются дополнительные резисторы. Напряжение генератора падает, соответственно уменьшается и магнитное притяжение якоря к сердечнику. Пружина оттягивает якорь в исходное положение, верхние контакты замыкаются, напряжение генератора снова повышается, и описанный цикл повторяется. Замыкание и размыкание верхней пары контактов происходит с частотой 25–250 раз в секунду, и напряжение генератора на выходе выпрямителя с такой же частотой то повышается, то понижается. Благодаря высокой частоте размыкания и замыкания контактов колебания напряжения незаметно, и можно считать его практически постоянным, поддерживаемым на уровне 13–14 В.

При высокой частоте вращения ротора напряжение генератора повышается до 13,9–14,5 В. При таком напряжении вступает в действие вторая ступень регулирования. Якорь притягивается к сердечнику до замыкания нижней пары контактов. При этом оба конца обмотки возбуждения замыкаются на «массу». Ток в обмотке возбуждения резко падает до нуля, и напряжение генератора также резко уменьшается. Это приводит к уменьшению силы тока в обмотке регулятора и снижению магнитного притяжения якоря к сердечнику. Пружина оттягивает якорь от сердечника, нижние контакты размыкаются, и описанный процесс повторяется снова с частотой 80–100 раз в секунду.

### **Характеристики регулятора напряжения РР-380**

1. Регулируемое напряжение при рабочей температуре регулятора и окружающей среды ( $50 \pm 3$ ) °С:

- на второй ступени регулирования –  $14,2 \pm 0,3$  В;
- на первой ступени ниже, чем на второй, но не более чем на 0,7 В;

2. Сопротивление между штекером «15» и «массой» –  $17,7 \pm 2$  Ом.

3. Сопротивление между штекером «15» и штекером «67» при разомкнутых контактах –  $5,65 \pm 0,3$  Ом.

4. Воздушный зазор между якорем и сердечником –  $1,4 \pm 0,1$  мм.

5. Расстояние между контактами второй ступени –  $0,45 \pm 0,1$  мм.

Одноступенчатые вибрационные регуляторы напряжения принципиально не отличаются от рассмотренного выше двухступенчатого РР-380.



Поскольку они имеют одну пару размыкающихся контактов, то сопротивление их добавочного резистора больше (50–80 Ом).

### Принцип действия регулятора 121.3702

Работа регулятора напряжения 121.3702 состоит в отключении обмотки возбуждения, если напряжение бортовой сети становится выше 13,4–14,6 В, и включении если напряжение падает ниже этого уровня. Это обеспечивается за счет запирания и отпираания мощного транзистора в схеме регулятора. Отключение и включение обмотки возбуждения генератора происходит с высокой частотой, поэтому колебаний напряжения сети практически незаметно.

Упрощенная электрическая схема электронного регулятора приведена на рисунке 4.4.

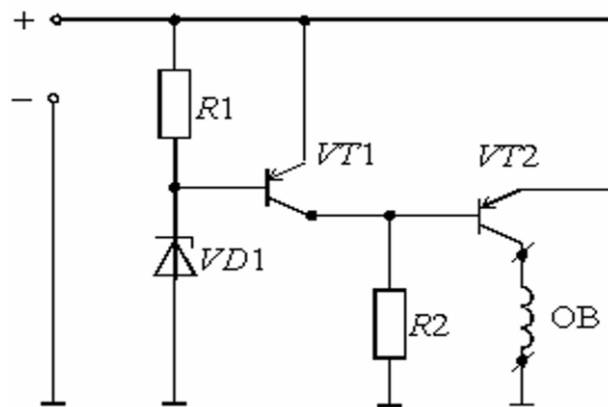


Рисунок 4.4. – Электрическая схема регулятора 121.3702

При малом уровне выходного напряжения генератора стабилитрон *VD1* регулятора закрыт, ток через него не протекает, поэтому транзистор *VT1* тоже закрыт, а выходной транзистор *VT2* открыт. Как только напряжение генератора становится больше номинального, стабилитрон «пробивается», проходящий через него ток открывает транзистор *VT1* и закрывает транзистор *VT2*. При этом ток в обмотке возбуждения *ОВ*, а значит, и напряжение генератора уменьшаются, стабилитрон снова закрывается, а выходной транзистор открывается. Процесс повторяется, обеспечивая поддержание напряжения генератора постоянным при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки.

Различные схемные решения электронных регуляторов содержат кроме основных элементов еще ряд дополнительных, повышающих качество и надежность их работы.

## Конструкция регулятора напряжения 121.3702

Характерной конструктивной особенностью электронного регулятора 121.3702 является блочный принцип. По конструктивно-технологическим признакам регулятор напряжения относится к блокам со смешанным монтажом и навесными электрическими элементами. Монтаж платы – печатный, внутри-блочный монтаж – объемный. Регулятор напряжения размещен в корпусе из цинкового сплава, в котором имеются разъемы для подключения его к обмотке возбуждения генератора и к выводу «+» генератора (через выключатель зажигания). Корпус соединен с «массой» и закрыт пластмассовой крышкой.

Электронный блок состоит из двух узлов: печатной платы с навесными электрическими элементами и теплоотвода, на котором установлен транзистор.

Основу печатной платы составляет стеклотекстолит электротехнический листовой, облицованный с одной стороны красномедной электротехнической фольгой толщиной 0,05 мм. На поверхность этого основания нанесен печатный монтаж, выполняющий функции монтажных проводов, разъемов и контактных деталей.

Навесные элементы размещены параллельно к поверхности платы со стороны, противоположной размещению печатных проводников.

Силовой транзистор крепится к радиатору (теплоотводу) посредством металлической планки и электрически изолирован от теплоотвода при помощи слюдяной прокладки.

Электроды транзистора изолированы от теплоотвода посредством изоляционной колодки, приклеенной к теплоотводу.

## Характеристики регулятора напряжения 121.3702

- 1) регулируемое напряжение, В – 13,8–14,4 в условиях:
  - температура, °С – 25±10;
  - частота вращения вала генератора, мин<sup>-1</sup> – 3500;
  - ток нагрузки, А – 14;
- 2) регулируемое напряжение, В – 13,4–14,6 в диапазоне условий:
  - изменение температуры, °С – -40+80;
  - изменение частоты вращения вала генератора, мин<sup>-1</sup> – 3000–10500;
  - изменение тока нагрузки, А – 5–28;
- 3) падение напряжения, В – 1,6 при токе возбуждения  $I = 3$  А между выводами «15» и «67».

Регулятор проверяют и регулируют на стенде, имеющем генератор, аккумуляторную батарею и электродвигатель с регулируемой частотой вращения в широком диапазоне.

При контрольных проверках на стенде не допускается работа регулятора с отключенной аккумуляторной батареей.

При проверке в вибрационном регуляторе второй, а потом первой ступени следят за тем, чтобы отрегулированное напряжение было устойчивым.

### **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение регуляторов напряжения?
2. Как устроен регулятор напряжения (РР-380 или 121.3702)?
3. Какими параметрами характеризуется регулятор напряжения?
4. Каков принцип работы регулятора напряжения (РР-380 или 121.3702)?
5. Как провести проверку технического состояния регулятора напряжения?

### **Литература**

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Тимофеев, Ю.Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей / Ю.Л. Тимофеев, Г.Л. Тимофеев, Н.М. Ильин. – 4-е изд., стер. – М. : Транспорт, 1998. – 301 с.
4. Пятков, К.Б. Электрооборудование автомобилей ВАЗ 2106, 2103 и их модификаций: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1999. – 54 с.
5. Литвиненко, В.В. Электрооборудование автомобилей УАЗ / В.В. Литвиненко. – М. : За рулем, 1998. – 159 с.

## Лабораторная работа 5

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ

**Цель работы:** изучить устройство катушек зажигания и принцип их работы, оценить техническое состояние исследуемых катушек зажигания.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
    - ознакомиться с назначением катушек зажигания и принципом их работы;
    - изучить устройство катушки зажигания и ознакомиться с их основными техническими характеристиками.
  - 1.2. В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
  - 1.3. Подготовить таблицы по образцам, приведенном в руководстве выполнения лабораторной работы.
2. Работа в лаборатории.
  - 2.1. Для более детального изучения устройства и принципа работы катушек зажигания ознакомиться с демонстрационным стендом и плакатами.
  - 2.2. Получить у дежурного лаборанта или преподавателя катушки зажигания и приборы для их исследования.
  - 2.3. Оценить техническое состояние исследуемых катушек зажигания.
    - 2.3.1. Проверить состояние крышки катушки зажигания. *При наличии трещины или прогара на крышке катушка зажигания выбраковывается.*

**Примечание.** Действия, выделенные курсивом, выполняются только при проведении технического обслуживания катушки зажигания.

2.3.2. Проверить состояние латунной клеммы вывода высокого напряжения катушки зажигания. *Если латунный контакт катушки почернел, необходимо, свернув мелкую наждачную бумагу «трубочкой», очистить до блеска контакты катушки и наконечник высоковольтного провода.*

2.3.3. Измерить с помощью омметра сопротивление первичной обмотки катушки зажигания и сравнить его с паспортным значением. При межвитковом замыкании сопротивление обмотки будет меньше нормированного значения, а при обрыве показание прибора будет соответствовать предельно большому значению. *Неисправная катушка зажигания должна выбраковываться.*

2.3.4. Аналогичным образом проверить сопротивление вторичной обмотки катушки.

2.3.5. Если у катушки зажигания имеется добавочный резистор, то измерить его сопротивление и сравнить полученное значение с паспортным. *Неисправный добавочный резистор заменяется новым.*

2.3.6. Проверить омметром сопротивление изоляции между разомкнутыми выводами обмоток катушек зажигания и ее «массой» (корпусом). Сопротивление изоляции при комнатных условиях должно быть не менее 3–5 МОм.

2.3.7. Результаты оценки технического состояния исследованных катушек зажигания занести в таблицу 5.1 (согласно приведенному образцу). Сделать заключение о соответствии параметров исследованных катушек зажигания номинальным.

Таблица 5.1

№	Катушка зажигания	Описание технического состояния исследуемой катушки зажигания	Заключение
1	Б-117	<i>На крышке катушки нет трещин и прогара, состояние контактов... R1 = ... Ом, что соответствует ... R2 = ... Ом, что соответствует ... ...</i>	<i>Катушка (не) исправна и (не) пригодна к дальнейшей эксплуатации.</i>
2			

3. По результатам проделанной работы сделать обобщенные выводы для каждой исследованной катушки зажигания и оформить отчет.

### Теоретическая часть

Катушка зажигания предназначена для формирования тока высокого напряжения (порядка 20–35 кВ) с целью образования искры между электродами свечи зажигания и воспламенения рабочей смеси в двигателе внутреннего сгорания.

## Устройство катушки зажигания

Катушка зажигания представляет собой повышающий трансформатор, который имеет магнитопровод (сердечник) и две обмотки. По конструкции магнитной цепи катушки зажигания разделяются на два типа: с разомкнутым магнитопроводом и замкнутым. В катушках с разомкнутой магнитной цепью магнитный поток большую часть пути проходит по воздуху, а в катушках с замкнутой магнитной цепью основную часть пути магнитный поток проходит по стальному сердечнику. Конструкции катушек с разомкнутым и замкнутым магнитопроводами существенно различаются.

Обмотки катушки зажигания могут иметь как автотрансформаторную (с общей точкой), так и трансформаторную связь. Примеры схем соединений первичной I и вторичной II обмоток приведены на рисунках 5.1, а–в.

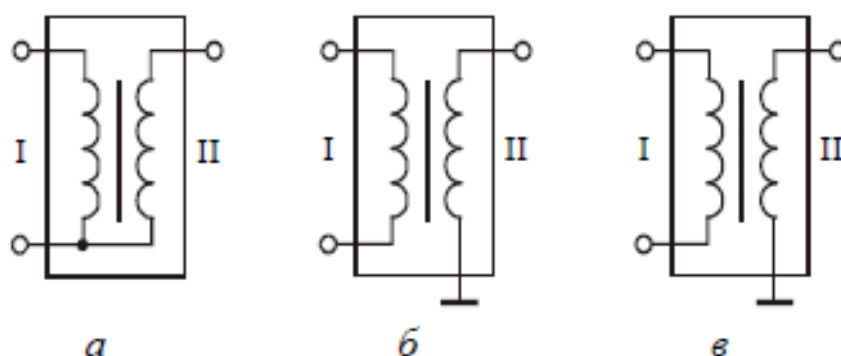


Рисунок 5.1. - Электрические схемы катушек зажигания

Автотрансформаторная связь упрощает конструкцию и технологию изготовления катушки, а также незначительно увеличивает вторичное напряжение. Трансформаторная связь обычно применяется в катушках электронных систем зажигания во избежание опасных воздействий всплесков напряжения на электронные элементы.

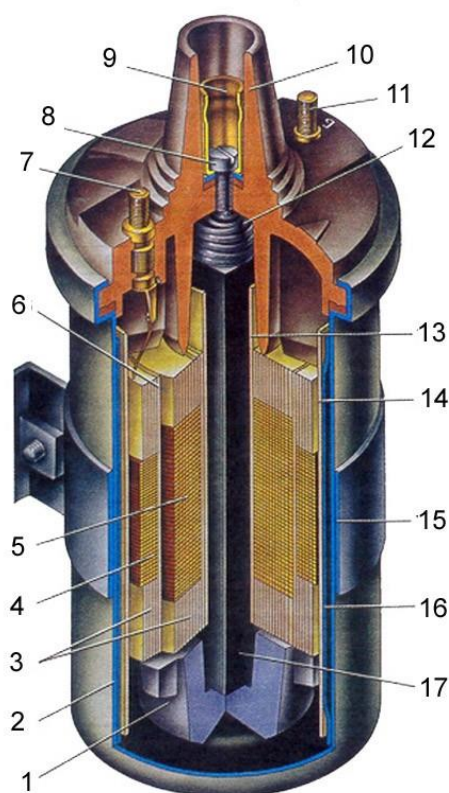
Устройство типовой катушки зажигания с разомкнутым магнитопроводом приведено на рисунке 5.2. Такую или аналогичную конструкцию имеют катушки Б114, Б115, Б117, 27.3705.

Сердечник катушки зажигания состоит из пакета пластин электротехнической стали. На нем расположены две обмотки: низковольтная первичная I и высоковольтная вторичная II (рисунок 5.3).

Вторичная обмотка намотана на изоляционную втулку проводом 0,06–0,09 мм. Число ее витков лежит в пределах 14–40 тыс. Поверх вторичной через изоляционную прокладку намотана первичная обмотка. Обмотка имеет несколько сотен витков провода диаметром 0,5–0,9 мм. Отношение

числа витков вторичной обмотки  $W_2$  к числу витков первичной обмотки  $W_1$  называется коэффициентом трансформации  $k_{тр}$  катушки зажигания. Его значение лежит обычно в пределах от 70 до 230.

Обмотки с сердечником помещены в кожух (корпус), от которого сердечник изолирован керамическим изолятором. Рядом с кожухом располагается витой наружный магнитопровод, увеличивающий индуктивность катушки. Крышка катушки зажигания имеет две низковольтных клеммы и вывод для подключения высоковольтного провода (в виде латунной вставки). На низковольтные клеммы выведены концы первичной обмотки. Они могут обозначаться следующим образом: первый (совместный) вывод: «Б», «+» или «15», а второй: «К», «-» или «1». К высоковольтной клемме через пружину подключен один из выводов вторичной обмотки.



1 – керамический изолятор; 2 – корпус; 3 – изоляционная конденсаторная бумага обмоток; 4 – первичная обмотка; 5 – вторичная обмотка; 6 – изоляция между обмотками; 7 – клемма вывода первичной обмотки; 8 – контактный винт; 9 – центральная клемма для провода высокого напряжения; 10 – крышка; 11 – клемма подвода питания; 12 – контактная пружина; 13 – каркас вторичной обмотки; 14 – наружная изоляция первичной обмотки; 15 – скоба крепления; 16 – наружный магнитопровод; 17 – сердечник

Рисунок 5.2. - Конструкция катушки зажигания с разомкнутым магнитопроводом

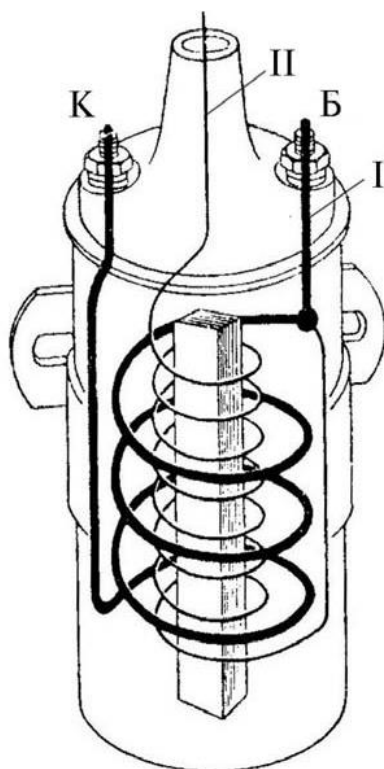


Рисунок 5.3. – Электромагнитная система катушки зажигания

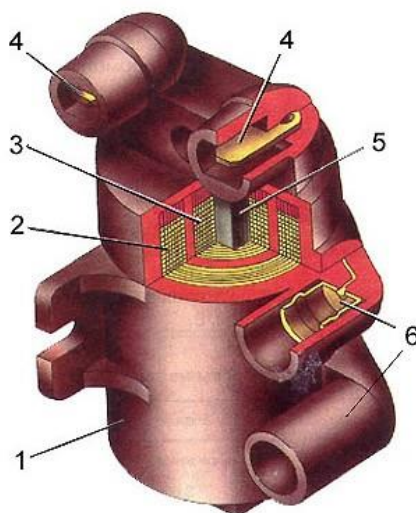
В ряде конструкций катушек зажигания вывод вторичной обмотки соединен с центральной для провода высокого напряжения через центральный стержень магнитопровода. Чтобы данный сердечник не имел электрического контакта с корпусом и был жестко зафиксирован в корпусе, снизу установлен изолятор (керамическая опора).

Соединение крышки с корпусом выполнено завальцовкой, что делает конструкцию герметичной и неразборной, причем внутренняя полость катушки для улучшения охлаждения заполнена трансформаторным маслом. В связи с этим катушки такого типа называются маслонаполненными.

В некоторых системах зажигания с катушкой зажигания используется добавочный резистор. В этом случае катушки рассчитаны на рабочее напряжение 6–8 В. При пуске двигателя, когда напряжение аккумуляторов батареи подсаживается нагрузкой, резистор закорачивается вспомогательными контактами тягового реле стартера или контактами дополнительного реле включения стартера. Во время работы двигателя он включен последовательно с первичной обмоткой и гасит избыточное напряжение. Добавочный резистор может крепиться как на самой катушке, так и отдельно от нее.

На рисунке 5.4 показана конструкция сухой катушки зажигания 29.3705.





1 – изоляционная пластмасса; 2 – вторичная обмотка; 3 – первичная обмотка;  
4 – выводы первичной обмотки; 5 – сердечник; 6 – выводы вторичной обмотки

Рисунок 5.4. – Конструкция катушки зажигания 29.3705

В данной катушке (см. рисунок 5.4) обмотки пропитаны эпоксидным компаундом и вместе с сердечником опрессованы морозостойким полипропиленом, который собственно и образует корпус. Катушка 29.3705 является двухвыводной (схема соединений ее обмоток показана на рисунке 5.1, в) и предназначена для бесконтактного распределения высокого напряжения.

Катушки с замкнутым магнитопроводом получают в последнее время все большее распространение. Наличие замкнутого магнитопровода позволяет накопить необходимую для воспламенения рабочей смеси энергию в значительно меньшем объеме катушки, снизить расход обмоточной меди и трудоемкость изготовления. Кроме этого, магнитные силовые линии замыкаются практически только по сердечнику и не излучаются в пространство, благодаря чему уменьшаются радиопомехи. Но данный магнитопровод только условно можно назвать замкнутым, т.к. в нем имеется воздушный зазор 0,3–0,5 мм. Он препятствует насыщению сердечника, сдерживающего изменение магнитного потока.

На рисунке 5.5 приведена конструкция одновыводной катушки зажигания 3112.3705. Ее сердечник образован Ш-образными пластинами электротехнической стали. На среднем стержне расположен пластмассовый корпус с обмотками. При этом вторичная обмотка намотана на многосекционный каркас (что уменьшает ее емкость и снижает вероятность межвиткового пробоя), а первичная размещена внутри каркаса. Обе обмотки залиты эпоксидным компаундом.

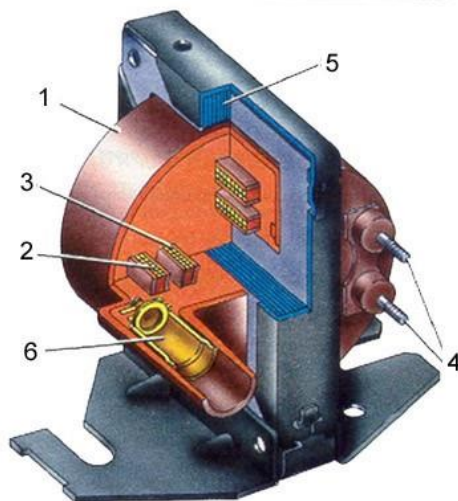


Рисунок 5.5. – Конструкция катушки зажигания 3112.3705

Катушка в сборе с обмотками и выводами представляет собой магнитную конструкцию с высокой стойкостью к механическим, электрическим и климатическим воздействиям.

Аналогичную, но двухвыводную конструкцию имеет катушка зажигания 3009.3705.

В микропроцессорных системах зажигания применяются четырехвыводные катушки зажигания. Конструкция катушки зажигания, электрическая схема которой приведена на рисунке 5.6, *а*, состоит из двухвыводных катушек, собранных на общем Ш-образном магнитопроводе (на крайних стержнях).

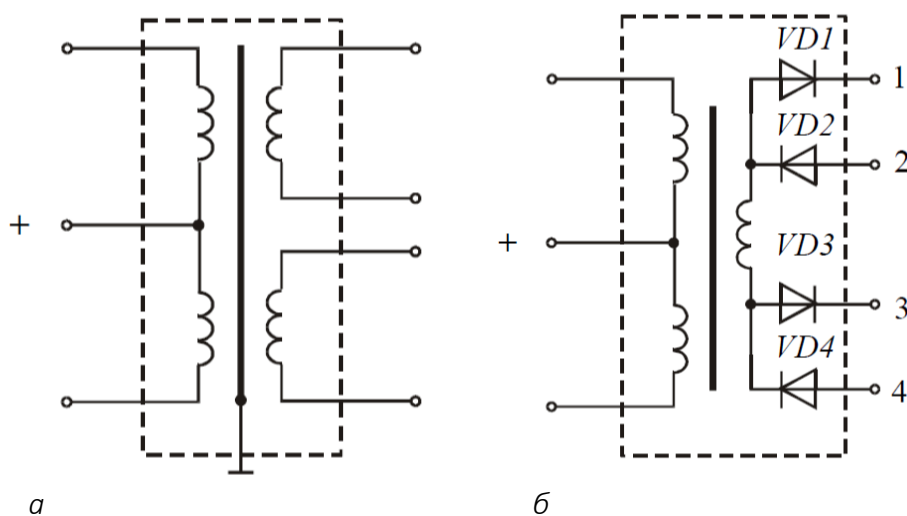


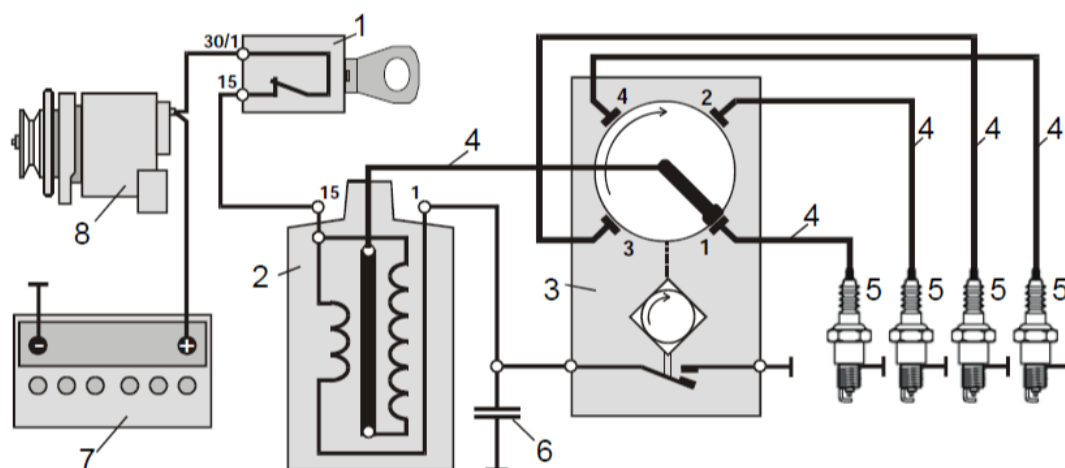
Рисунок 5.6. – Схема четырехвыводных катушек зажигания

В ней общим элементом является средний стержень магнитопровода, а взаимное влияние двух катушек друг на друга исключается с помощью воздушных зазоров (1–2 мм) на крайних стержнях, чем увеличивается магнитное сопротивление в магнитопроводе и достигается развязка каналов. В четырехвыводных катушках, имеющих первичную обмотку, разделенную на две части, работающие попеременно; в катушку вставляются высоковольтные разделительные диоды (см. рисунок 5.6, б).

### Принцип работы катушки зажигания

Для принудительного воспламенения рабочей смеси в камере сгорания бензинового двигателя требуется электрическая искра между электродами свечи зажигания. Искра образуется в результате подачи импульса тока высокого напряжения на электроды свечи от катушки зажигания.

Пример подключения катушки зажигания в классической системе зажигания показан на рисунке 5.7



- 1 – выключатель зажигания; 2 – катушка зажигания; 3 – распределитель напряжения;  
 4 – высоковольтные провода; 5 – свечи зажигания; 6 – конденсатор;  
 7 – аккумуляторная батарея; 8 – генераторная установка

Рисунок 5.7. – Схема контактной системы зажигания

Первичная обмотка катушки зажигания через контакты прерывателя (или силовой транзистор коммутатора в электронной системе зажигания) соединена с аккумуляторной батареей. Для уменьшения обгорания контактов прерывателя из-за возможного искрообразования, а также для повышения скорости нарастания вторичного напряжения параллельно контактам прерывателя включается конденсатор С1. Емкость данного конденсатора

лежит в пределах 0,17–0,35 мкФ (для автомобилей ВАЗ – 0,20–0,25 мкФ). В ряде систем зажигания в этой цепи еще присутствует добавочный резистор, предназначенный для ограничения тока в первичной обмотке катушки зажигания после пуска двигателя. Вторичная обмотка через ротор распределителя и высоковольтные провода соединена со свечами зажигания.

Рабочий процесс, протекающий в классической системе зажигания, можно разбить на три этапа: замыкание контактов прерывателя, размыкание контактов прерывателя и искровой разряд между электродами свечи.

При замыкании контактов прерывателя первичный ток катушки нарастает в соответствии с формулой

$$i = \frac{U}{R} \left( 1 - e^{-(R_1/L_1)t_3} \right),$$

где  $U$  – напряжение бортовой сети автомобиля;  
 $R_1$  – активное сопротивление первичной цепи;  
 $L_1$  – индуктивность первичной цепи;  
 $t_3$  – время замкнутого состояния контактов.

За время замкнутого состояния контактов  $t_3$  первичный ток достигает значения, называемого током разрыва  $I_p$ , а энергия, запасенная в магнитном поле катушки зажигания, определяется как

$$W_M = 0,5L_1 \cdot I^2 = 0,5L_1 \left( \frac{U}{R_1} \right)^2 \left( 1 - 2e^{-a} + e^{-2a} \right),$$

где

$$a = \frac{R_1}{L_1} \cdot t_3, \quad t_3 = \gamma_3 \cdot \frac{120}{z \cdot n},$$

где  $\gamma_3$  – относительное время нахождения контактов в замкнутом состоянии;  
 $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя;  
 $z$  – число цилиндров.

При размыкании цепи первичной обмотки прерывателем магнитное поле исчезает, при этом его силовые линии пересекают витки обмоток и в них индуцируются ЭДС: в первичной обмотке – до 300 В, во вторичной – до 15–25 кВ. Значения ЭДС зависят от скорости изменения магнитного потока

$$e = - \frac{\omega \cdot d\Phi}{dt},$$

где  $\frac{d\Phi}{dt}$  – скорость изменение магнитного потока;

$w$  – число витков обмотки.

График вторичного напряжения (при отсутствии искрового разряда между электродами свечи) показан на рисунке 5.8, кривая 1.

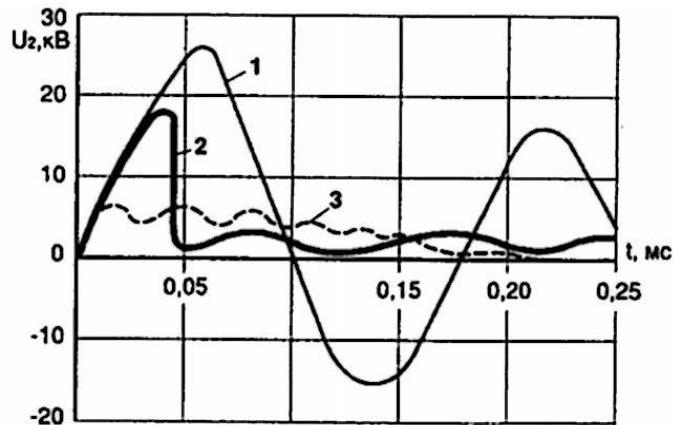


Рисунок 5.8. – Зависимость вторичного напряжения  $U_2$  от времени  $t$

Для оценки возможного максимального значения вторичного напряжения  $U_{2\max}$  служит уравнение баланса энергий в колебательном контуре. В момент, когда первичный ток после размыкания контактов уменьшается до нуля, практически вся энергия, запасенная в катушке, перейдет в емкости первичной и вторичной цепей  $C_1$  и  $C_2$ , а часть энергии выделится в виде тепла:

$$\frac{L_1 I_p^2}{2} = \frac{C_1 U_{1\max}^2}{2} = \frac{C_2 U_{2\max}^2}{2} + P.$$

Если учесть тепловые потери  $P$  в активных сопротивлениях первичной  $R_1$  и верхней  $R_2$  цепей, в сопротивлении нагара  $R_{ш}$ , шунтирующий искровой промежуток, а также в сердечнике катушки при перемагничивании  $R_n$ , то

$$U_{2\max} \approx I_p \cdot k_{Tp} \cdot k_{\Pi} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2 \cdot k_{Tp}}},$$

где  $I_p = \frac{U}{R_1} (1 - e^{-R_1/L_1 \cdot t_s})$ ,  $k_{Tp} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ ,

$\omega_1$  и  $\omega_2$  – число витков первичной и вторичной обмоток, соответственно;

$k_n$  – коэффициент потерь энергии (для контактных систем зажигания находится в диапазоне 0,75–0,85).

На практике для учета потерь вводят дополнительный множитель коэффициент затухания  $\eta$  (для контактных систем зажигания  $\approx 0,75–0,85$ ).

Из формулы видно, что максимальное значение вторичного напряжения  $U_{2\max}$  зависит как от параметров катушки зажигания, так и других факторов: напряжения питания первичной цепи  $U$ , емкости конденсатора  $C_1$ , распределенной емкости вторичной цепи  $C_2$  и частоты вращения коленчатого вала, определяющего время замкнутого состояния контактов  $t_3$ .

Уменьшение сопротивления  $R_1$  увеличивает  $U_{2\max}$ , но при этом возрастает ток разрыва  $I_p$ . В классической системе зажигания ток разрыва не должен превышать 3,5–5,0 А, в противном случае работа контактов будет ненадежной (хотя и уменьшение тока меньше 1 А недопустимо, т.к. перестанут самоочищаться контакты прерывателя). Вторичное напряжение пропорционально индуктивности  $L_1$ , но и здесь есть ограничение – с ее увеличением уменьшается скорость изменения тока в первичной обмотке и сила тока разрыва. Обычно  $L_1$  не превышает 10–11 мГн. Уменьшение емкости конденсатора  $C_1$  до некоторого значения приводит к увеличению  $U_{2\max}$ , но дальнейшее изменение вызывает усиление искрения контактов прерывателя. Наиболее эффективное значение  $C_1$  находится в пределах 0,2–0,35 мкФ. Уменьшение емкости  $C_2$  ограничено конструкцией и технологией изготовления высоковольтных элементов.

Время замкнутого состояния контактов прерывателя  $t_3$  зависит от частоты вращения коленчатого вала. С ее увеличением значение вторичного напряжения снижается. Для примера на рисунке 5.9 показана зависимость  $U_{2\max}$  от частоты вращения коленчатого вала двигателя для катушки зажигания Б117-А при шунтирующей нагрузке 1 МОм.

Если катушка нагружена на свечу зажигания, то при достижении некоторого напряжения между электродами свечи начинается ударная ионизация и проскакивает искра. Искра нагревает обволакивающую ее рабочую смесь до температуры воспламенения, и пламя распространяется по всему объему камеры сгорания. В этом случае сопротивление нагрузки катушки зажигания резко уменьшается и вторичное напряжение падает. Зависимость вторичного напряжения  $U_2$  от времени при пробое искрового промежутка в свече зажигания показана на рисунке 5.8, кривая 2.

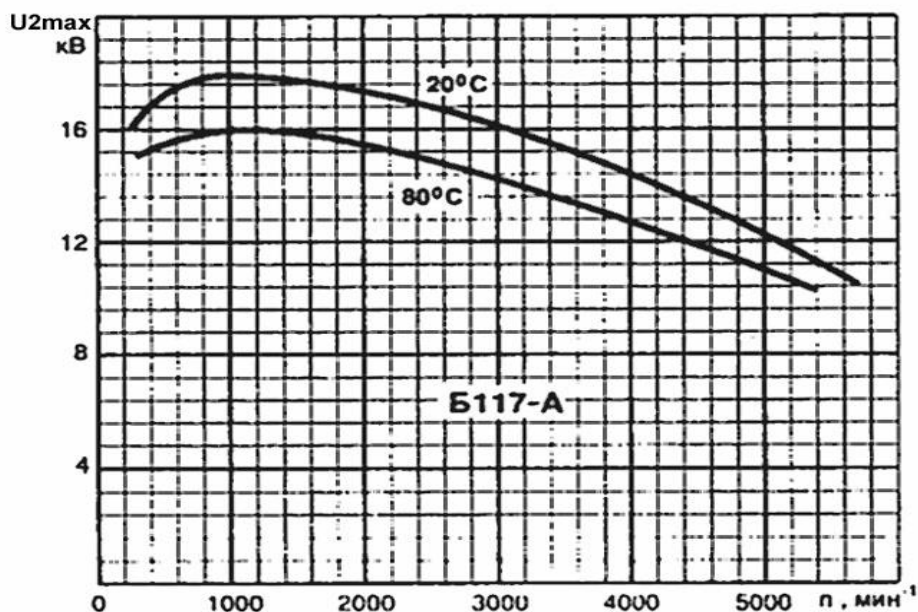


Рисунок 5.9. – Зависимость напряжения  $U_{2max}$  от частоты вращения коленчатого вала двигателя

В установившемся режиме для воспламенения смеси требуется весьма незначительная энергия 10...15 мДж и пробивное напряжение не более 10–14 кВ. В целях же получения более надежного зажигания смеси при любых условиях применяют системы зажигания с напряжением более 25 кВ и энергией более 40 мДж.

При работе свечи зажигания на ее изоляторе от нагара образуются токопроводящие мостики, шунтирующие искровой промежуток. Это приводит к уменьшению сопротивления нагрузки катушки зажигания и снижению ее вторичного напряжения. На рисунке 5.8 показана зависимость вторичного напряжения  $U_2$  от времени при шунтирующем сопротивлении порядка 0,2 МОм (кривая 3).

### Обозначение катушек зажигания

Ранее катушки зажигания обозначались буквой «Б», номером модели и ее модификацией. Например, Б117-А. Теперь используется цифровое обозначение вида XXXX.3705, где первые две цифры соответствуют номеру модели, третья цифра – модификации, а четвертая – исполнению (в ряде случаев третья и четвертая цифры могут отсутствовать). Так, 3112.3705 – это катушка зажигания 31 модели, первой модификации и общеклиматического исполнения.

## Технические конструкторские данные катушек зажигания

К основным техническим параметрам катушек зажигания относятся:

- сопротивление первичной обмотки  $R_1$  (вместе с добавочным сопротивлением определяет значение установившегося тока  $i_1$ );
- индуктивность первичной обмотки  $L_1$  (определяет значения накапливаемой энергии  $W_m$  и вторичного напряжения  $U_{2max}$ );
- сопротивление  $R_2$  и индуктивность  $L_2$  вторичной обмотки (определяют длительность искрового разряда);
- сопротивление потерь  $R_p$ , учитывающее магнитные потери и утечки тока через изоляцию (определяет значение коэффициента  $\eta$ ). Обычно для катушек классических систем зажигания  $R_p \approx 3\text{--}6$  МОм, а электронных –  $6\text{--}12$  МОм;
- емкость вторичной обмотки  $C_2$  (определяет значение  $U_{2max}$ );
- коэффициент трансформации  $k_{тр}$  (определяет значение  $U_{2max}$ ).

Параметры и конструкторские данные некоторых катушек зажигания приведены в таблицах 5.2 и 5.3.

## Особенности работы катушек зажигания

Параметры и характеристики катушек зажигания, предназначенных для работы в классической (КСЗ) и электронной (ЭСЗ) системах зажигания, различаются. Это накладывает определенные ограничения по их замене. Так, например, сравнив значения сопротивлений первичных обмоток катушек зажигания 27.3705, 29.3705 (ЭСЗ) и Б117-А (КСЗ), можно отметить, что у последней сопротивление в несколько раз больше. Следовательно, при использовании в классической системе зажигания, где ток 3–5 А, катушки от ЭСЗ получится, что ток в первичной обмотке будет около 25–30 А. Поскольку катушка зажигания для систем высокой энергии рассчитана обычно на работу до 10 А, то она через некоторое время выйдет из строя. В электронных системах зажигания возможно применение катушки от КСЗ, но высокого напряжения энергии зажигания получить не удастся. Замена одной катушки на другую при существенном различии их параметров (более 10–15%) недопустима.

Ряд катушек зажигания (например, Б114, Б115 и Б116) из-за невысоких характеристик электростартерной системы используют добавочный резистор никелевой или константановой проволоки. Их первичная обмотка подключается (клемма «ВК») к аккумуляторной батарее через выключатель стартера. При пуске двигателя (из-за значительного потребления стартером тока АКБ) напряжение питания понижено, но меньшее сопротивление первичной обмотки катушки обеспечивает требуемый ток в первичной обмотке и напряжение на вторичной.



Таблица 5.2

Катушка зажигания	Первичная обмотка		Вторичная обмотка		
	Сопротивление, Ом	Индуктивность, мГн	Сопротивление, кОм	Индуктивность, Гн	Емкость, пФ
Б114-Б	0,37...0,41	2,9...3,4	21...23	174...179	31...36
Б115-В	1,5...1,7	7,3...7,6	6,1...6,8	32...35	38...44
Б116	0,78...0,79	5,4...5,6	15,6...16,5	90...111	55...57
Б117	3,1...3,3	10...11	6,3...9,2	38...39	44...47
Б118	0,72...0,73	5,6...5,8	14,8...15,2	22...25	55...57
27.3705	0,4...0,5	3,7...3,8	4,5...5,5	23...24	30...32
29.3705	0,45...0,55	4,1...4,4	9,5...12,5	27...29	36...38
3009.3705	0,4...0,55	5,6...6,2	6,3...6,4	28...30	23...25
3112.3705	0,39...0,47	2,9...3,2	4,04...4,12		
8352.12	0,37...0,47		4...6		

Таблица 5.3

Катушка зажигания	Коэффициент трансформации	Схема соединений обмоток	Конструктивные особенности	Применяемость катушек зажигания
Б114-Б	227	Рис. 5.1, б	Р, М, ДР	ЗИЛ-130, -131; ГАЗ-53, -66, -3102; автобусы ПАЗ, КАвЗ
Б115-В	88	рис. 5.1, а	Р, М, ДР	М-412; М-2140,-41; ГАЗ-24; ЗАЗ-968 и др.
Б116	153	рис. 5.1, а	Р, М, ДР	ГАЗ-24-10, -31029
Б117	78,5	рис. 5.1, а	Р, М	ВАЗ-2101, ... -07, -21
Б118	115		Р, М, Э, ДР	ЗИЛ-131, ГАЗ-66 и др.
27.3705	82	рис. 5.1, а	Р, М	ВАЗ-2104, ...-09, -21; М-2141; ЗАЗ-1102
29.3705	90	рис. 5.1, в	Р, С	ВАЗ-2108, -09 (МСУД); ВАЗ-1111, 2110
3009.3705	70	рис. 5.1, в	З, С	ГАЗ-3302 (МСУД)
3112.3705	80	рис. 5.1, а	З, С	ВАЗ-2107,... -12; ГАЗ-31029
8352.12		рис. 5.1, а	Р, М	ВАЗ-2110,...-12

Обозначения:

Р – разомкнутый магнитопровод;

З – замкнутый магнитопровод;

М – маслонаполненная катушка;

С – сухая катушка;

Э – экранированная катушка;

ДР – катушка имеет добавочный резистор (0,9–1,0 Ом).

После запуска питание к катушке поступает от выключателя зажигания через дополнительный резистор (клемма «ВКБ»). Дополнительный резистор из никелевой проволоки не только ограничивает ток в первичной обмотке, но также является вариатором (т.е. в зависимости от нагрева изменяет свое сопротивление). При малых оборотах двигателя ток успевает достичь большой величины, что нежелательно, т.к. начинают усиленно обгорать контакты прерывателя и чрезмерно возрастает вторичное напряжение. С нагревом же вариатор увеличивает сопротивление и уменьшает ток. Например, добавочный резистор для катушки Б115-изменяет свое сопротивление от 1,7 до 4,5 Ом, что ограничивает ток в обмотке около 3 А.

Катушки зажигания при работе нагреваются и при неправильной эксплуатации (например, при длительной работе катушки с закороченным дополнительным резистором, несоответствии типа катушки типу системы зажигания, неполном вводе наконечников высоковольтных проводов в отверстия выводов крышки распределителя и др.) возможен ее перегрев. При перегреве катушки возможен пробой изоляции вторичной обмотки. В этом случае при каждом размыкании контактов прерывателя внутри катушки будет происходить искровой разряд, вызывающий перебои в работе свечей. Тепловое разрушение изоляции витков первичной обмотки часто может привести к межвитковому замыканию проводов. Это уменьшит сопротивление цепи и приведет к увеличению силы тока первичной обмотки и еще большему перегреву катушки.

На работоспособность катушки в системе зажигания влияют не только ее параметры, но и внешнее состояние. Почерневшая латунная клемма в отверстии катушки зажигания приведет к увеличению проходного сопротивления, а значит, к понижению вторичного напряжения. Кроме того, из-за плохого контакта центральной клеммы и наконечника провода высокого напряжения может начаться стекание тока (путь: латунная часть вывода – пластмассовая стенка отверстия – наружная часть крышки – клемма «К» – провод низкого напряжения – подвижный контакт прерывателя). В этом случае край отверстия в пластмассовой крышке катушки зажигания постепенно будет «обугливаться», сопротивление пластмассы понижаться, а путь стекания тока становится короче. В итоге в крышке катушки от края отверстия к клемме «К» может образоваться прожог или поверхностная трещина, что приведет к снижению надежности всей системы зажигания (при повышенной влажности двигатель может не только не запускаться, но и заглохнуть на ходу).

## Контрольные вопросы

1. Каково назначение катушки зажигания?
2. Как устроена катушка зажигания?
3. Какими параметрами характеризуется катушка зажигания?
4. Каковы достоинства и недостатки катушек с разомкнутым и замкнутым магнитопроводом?
5. Каков принцип работы катушки зажигания? Что влияет на значение вторичного напряжения катушки зажигания?
6. Какие факторы обуславливают выбор катушки зажигания для конкретного двигателя?
7. Как маркируются катушки зажигания?
8. Как провести проверку пригодности катушки зажигания перед установкой на двигатель?
9. Можно ли использовать катушки от систем зажигания высокой энергии в классической системе зажигания?
10. Можно ли использовать катушки, применяемые в классической системе зажигания, для систем зажигания высокой энергии?
11. Какую энергию запасет катушка зажигания с  $L_1 = 10$  мГн,  $R_1 = 3$  Ом,  $k_n = 0,85$  при  $U = 12$  В,  $n = 1000$  об/мин в классической системе зажигания четырехцилиндрового двигателя?
12. Какую энергию запасет катушка зажигания с  $L_1 = 6$  мГн,  $R_1 = 0,4$  Ом,  $k_n = 0,9$  при  $U = 12$  В,  $n = 1000$  об/мин в электронной системе зажигания четырехцилиндрового двигателя?

## Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Тимофеев, Ю.Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей / Ю.Л. Тимофеев, Г.Л. Тимофеев, Н.М. Ильин. – 4-е изд., стер. – М. : Транспорт, 1998. – 301 с.
4. Росс, Твег. Системы зажигания / Твег Росс. – М. : За рулем, 1998. – 96 с.
5. Пятков, К.Б. Электрооборудование автомобилей ВАЗ 2106, 2103 и их модификаций: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1999. – 54 с.

## Лабораторная работа 6

### УСТРОЙСТВО, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСКРОВЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

**Цель работы:** изучить устройство искровых свечей зажигания, условия их работы на двигателях внутреннего сгорания, для заданных свечей оценить условия сгорания рабочей смеси, научиться проводить регулировку зазора между электродами свечи и проверку свечей зажигания на герметичность и искрообразование.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
    - ознакомиться с назначением искровых свечей зажигания, принципом их действия и условиями их работы на двигателе;
    - изучить устройство свечей зажигания и ознакомиться с их основными техническими характеристиками;
    - изучить стенд Э203-П и порядок выполнения операций на нем при проведении проверок свечей зажигания на герметичность и искрообразование.
  - 1.2. В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
  - 1.3. Подготовить таблицы по образцам, приведенном в руководстве по выполнению лабораторной работы.
2. Работа в лаборатории.
  - 2.1. Для более детального изучения конструкции свечей зажигания и особенностей их работы ознакомиться с демонстрационным стендом и плакатами.
  - 2.2. Получить у дежурного лаборанта или преподавателя набор инструментов и свечи зажигания.
  - 2.3. Определить маркировку исследуемых свечей зажигания. Результаты занести в таблицу 6.1.
  - 2.4. Изучить внешний вид исследуемых свечей зажигания и сделать заключения об их состоянии и условиях сгорания рабочей смеси в двигателе, где ранее использовались данные свечи. Результаты исследований занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.1

№ свечи	Маркировка свечи	Расшифровка обозначения исследуемой свечи	На двигателях каких автомобилей возможно использование свечи

Таблица 6.2

№ свечи	Описание внешнего вида свечи зажигания	Возможные причины, определившие данное состояние свечи

2.5. Провести проверку искрового зазора между электродами свечи зажигания с помощью комбинированного щупа.

Проверку и регулировку искрового зазора между электродами свечи зажигания производят с помощью специальных ключей-щупов (рисунок 6.1) или аналогичных устройств.

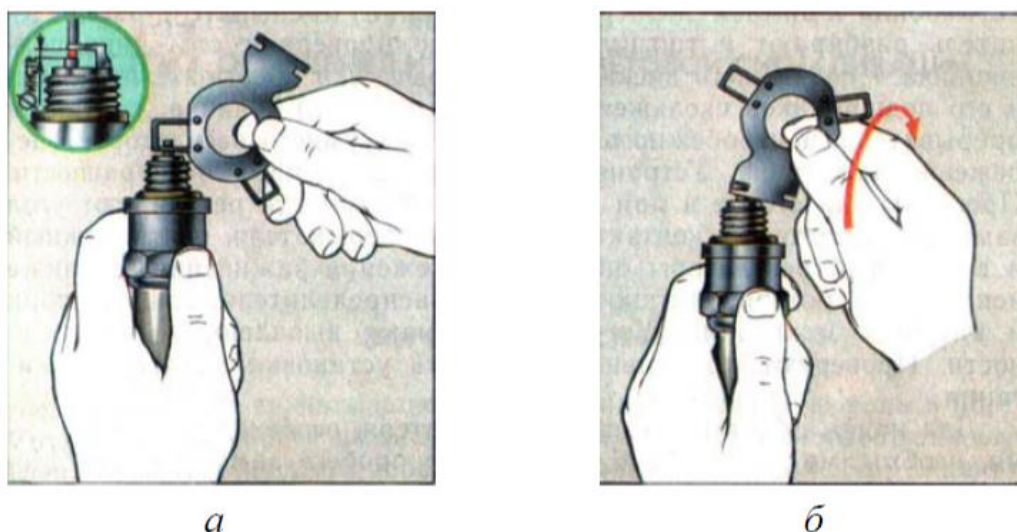


Рисунок 6.1. – Проверка (а) и установка (б) зазора между электродами свечи

*Зазор проверяют только круглыми щупами. Нельзя проверять зазор между электродами свечи плоским щупом, так как при таком замере не будет учтена выемка на боковом электроде, которая образуется вследствие эрозии металла при искровых разрядах. Зазор между электродами свечи должен соответствовать значению, рекомендованному заводом, выпускающим двигатель.*

Результаты измерений занести в таблицу 6.3.

Таблица 6.3

№ свечи	Зазор, мм	Допустимые пределы зазора, мм

2.6. Для заданной преподавателем свечи выставить требуемый зазор между электродами. Регулировку зазора проводить с помощью специального ключа подгибанием только бокового электрода (см. рисунок 6.1, б). *Нельзя подгибать центральный электрод, т.к. при его изгибе могут образоваться трещины в изоляторе.*

2.7. Провести проверку заданных свечей на стенде Э203П на герметичность. Для чего выполнить следующие действия:

2.7.1. Подобрать переходник (при необходимости) и уплотнительные кольца из комплекта принадлежностей Э203-П в соответствии с проверяемой партией свечей.

2.7.2. Надеть на проверяемую свечу резиновое уплотнительное кольцо и используя «свечной» ключ вернуть ее в воздушную камеру. Плотно затянуть.

2.7.3. Закрыть до отказа вентиль выпуска сжатого воздуха (по часовой стреле до упора).

2.7.4. Качать рукояткой насоса, следя за нарастанием давления по манометру. Создать давление воздуха 1,0 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>).

2.7.5. Наблюдать за показанием манометра: для свечей с герметизацией соединения изолятор центральный электрод на основе термоцемента – 10 с, для остальных типов – 1 мин. Допускается падение давления от первоначального 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

2.7.6. Результаты исследований занести в таблицу 6.4.

Таблица 6.4

№ свечи	Испытательное давление, МПа	Время испытания, мин	Падение давления, МПа	Результаты проверки
	1,0			

2.8. Провести проверку заданных свечей на стенде Э203-П на искрообразование. Для чего выполнить следующие действия:

2.8.1. Повторить при необходимости пп. 2.7.1–2.7.3.

2.8.2. Включить стенд в сеть однофазного переменного тока напряжением 220 В.

2.8.3. Произвести проверку работоспособности электрической схемы прибора. Для этого:

- открыть крышку, закрывающую контрольный разрядник;
- соединить наконечник высоковольтного провода с разрядником;
- перевести тумблер из положения «Откл» в положение «Проверка»

на время 3–5 с.

В исправном приборе на разряднике должно наблюдаться бесперебойное искрообразование.

2.8.4. Присоединить высоковольтный провод к проверяемой свече и закрыть крышку контрольного разрядника.

2.8.5. Руководствуясь таблицей Эб.3 методического материала, в соответствии с зазором свечи, с помощью ручного насоса и вентиля создать испытательное давление воздуха в камере.

2.8.6. Перевести тумблер в положение «Проверка» на время 3–5 с и наблюдать через верхнее смотровое окно за искрообразованием между электродами свечи, а через боковое зеркало-отражатель – за утечкой тока по нагару. *При бесперебойном искрообразовании свеча исправна и пригодна для дальнейшей эксплуатации.*

2.8.7. Если обнаружены перебои в искрообразовании, то следует с помощью вентиля снизить давление в воздушной камере до пониженного (согласно таблице Эб.4) и повторить проверку.

*Если при этом искрообразование будет бесперебойным, то свеча пригодна для дальнейшей эксплуатации (хотя ее ресурс будет ниже, чем у исправной). При наблюдении повторных перебоев в искрообразовании свеча выбраковывается.*

2.8.8. Результаты исследований занести в таблицу 6.5.

Таблица 6.5

№ свечи	Зазор свечи	Испытательное давление, МПа	Результаты проверки

2.9. По результатам исследований сделать обобщенные выводы по каждой исследованной свече и оформить отчет о проделанной работе.

## Теоретическая часть

Свеча зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя. При подаче высокого напряжения на электроды свечи возникает искровой разряд, воспламеняющий рабочую смесь. Свеча является важнейшим элементом системы зажигания двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением рабочей смеси. От качества конструкции свечи и правильного выбора ее параметров во многом зависит надежность работы двигателя.

Свечи зажигания подразделяют:

- по исполнению – экранированные и неэкранированные (отрытого исполнения);
- по принципу работы – с воздушным искровым промежутком; со скользящей искрой; полупроводниковые; эрозийные; многоискровые (конденсаторные); комбинированные.

Наибольшее распространение на автомобилях получили свечи с воздушным искровым промежутком. Это объясняется тем, что они удовлетворительно работают на современных двигателях, наиболее просты по конструкции и технологичны в изготовлении и обслуживании.

### Устройство неэкранированных свечей зажигания

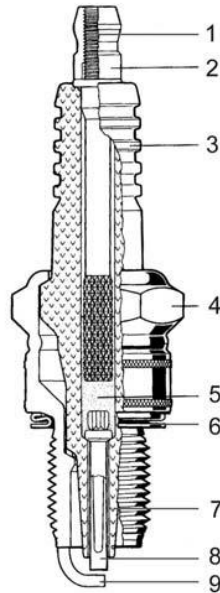
Современные искровые свечи зажигания имеют неразборную конструкцию. Пример типичной неэкранированной свечи приведен на рисунке 6.2.

Корпус свечи представляет собой полую резьбовую конструкцию с головкой под шестигранный ключ. Корпус свечи и контактную головку обычно изготавливают из конструкционных сталей. Внутри корпуса располагается керамический изолятор, выполненный из уралита, боркорунда, синоксаля, хелумина или других материалов, обладающих высокой температурной, электрической и механической стойкостью. Изолятор должен выдерживать напряжение не менее 30 кВ при его максимальной температуре. Кроме того, изолятор свечи должен иметь фактически нулевое влагопоглощение, а ее поверхность должна быть стойкой к смачиванию.

Внутри изолятора закреплен центральный электрод и выводной стержень. Материал центрального электрода должен обладать высокой коррозионной и эрозийной стойкостью, жаростойкостью и хорошей теплопроводностью. Поэтому, центральный электрод изготавливается из хромитита – новой стали 13X25T или хромоникелевого сплава X20N80. В свечах с расширенным температурным диапазоном («термоэластик») центральный электрод



выполняется из меди, серебра или платины с термостойким покрытием рабочей части. Соединение центрального электрода и выводного стержня (болта) производится специальной токопроводящей стекломассой.



- 1 – выводной стержень; 2 – контактная головка; 3 – керамический изолятор;  
4 – корпус; 5 – токопроводящий герметик; 6 – уплотнительная прокладка;  
7 – тепловой конус; 8 – центральный электрод; 9 – боковой электрод

Рисунок 6.2. – Устройство свечи зажигания

К корпусу свечи приварен боковой электрод из никель-марганцевого или хромоникелевого сплава. Некоторые фирмы, например, Bosch, применяют до четырех боковых электродов в свече. Увеличение числа боковых электродов способствует снижению значения устойчивой частоты вращения коленчатого вала двигателя. Между центральным и боковым электродами устанавливается зазор 0,5–1,2 мм. Чем больше зазор, тем больше воспламеняющая способность искры, но при этом от системы зажигания требуется более высокое напряжение. Для контактной системы зажигания автомобилей ВАЗ обычно рекомендуется зазор 0,5–0,6 мм, АЗЛК – 0,8–0,9 мм, для бесконтактных систем – 0,7–0,8 мм, для микропроцессорных систем с впрыском топлива – 1,0–1,15 мм. Зимой рекомендуется использовать минимальные зазоры или даже уменьшать их на 0,1...0,2 мм. Нарушение зазора между электродами свечи приведет к изменению напряжения и энергии искрового разряда, в результате чего рабочая смесь в цилиндре может не воспламениться, и цилиндр двигателя будет работать с перебоями.

Герметичность резьбового соединения при ввертывании свечи в отверстие головки двигателя обеспечивается уплотнительной прокладкой, а длина резьбовой части корпуса свечи должна быть такой, чтобы конец корпуса не заглублялся и не выступал в камеру сгорания. Материал уплотнительных колец – сталь, алюминий или медь. Естественно, лучшую теплопередачу обеспечивают медные кольца.

Однако герметичность свечи по резьбе зависит не только от состояния самой резьбы (в головке, на свече) и уплотнительного кольца, но и от момента затяжки. Для затяжки свечей используется только специальный «свечной» ключ. Его размер 20,6 мм (13/16 дюйма). Затягивать свечи с использованием воротка большей длины, чем штатный, не рекомендуется. При отворачивании чрезмерно затянутой свечи ее можно просто сломать.

Момент затяжки резьбы свечи, для автомобилей ВАЗ составляет 32–40 Н·м. У автомобилей зарубежного производства момент затяжки обычно меньше и находится в пределах 15–30 Н·м.

### **Условия работы свечи на двигателе**

Свечи в двигателях внутреннего сгорания используются для воспламенения топливовоздушной смеси. Это происходит следующим образом. Высокое напряжение на электродах ионизирует пространство между ними и вызывает проскакивание искры. Искра нагревает некоторое небольшое по объему количество смеси до температуры воспламенения. Далее пламя распространяется по всему объему камеры сгорания. При нормальных условиях (состав смеси, давление, влажность, температура) для воспламенения смеси требуется пробивное напряжение не более 10–14 кВ.

Условия работы свечи очень напряженные. Температура газовой среды в камере сгорания двигателя колеблется от 70 °С (температура свежего заряда смеси, поступающей в цилиндр) до 2000–2700 °С (максимальная температура цикла), а наружная часть свечи, находящаяся в подкапотном пространстве, обдувается встречным потоком воздуха. Окружающий изолятор воздух подкапотного пространства может иметь температуру от -60 до +80 °С. При всем этом температура нижней части изолятора у современных свечей должна быть в тепловых пределах работоспособности от 400 до 900 °С (ранее 500–600 °С).

При температуре ниже 400 °С даже при нормальных составах рабочей смеси, на маслоотражательных колпачках и кольцах на тепловом конусе

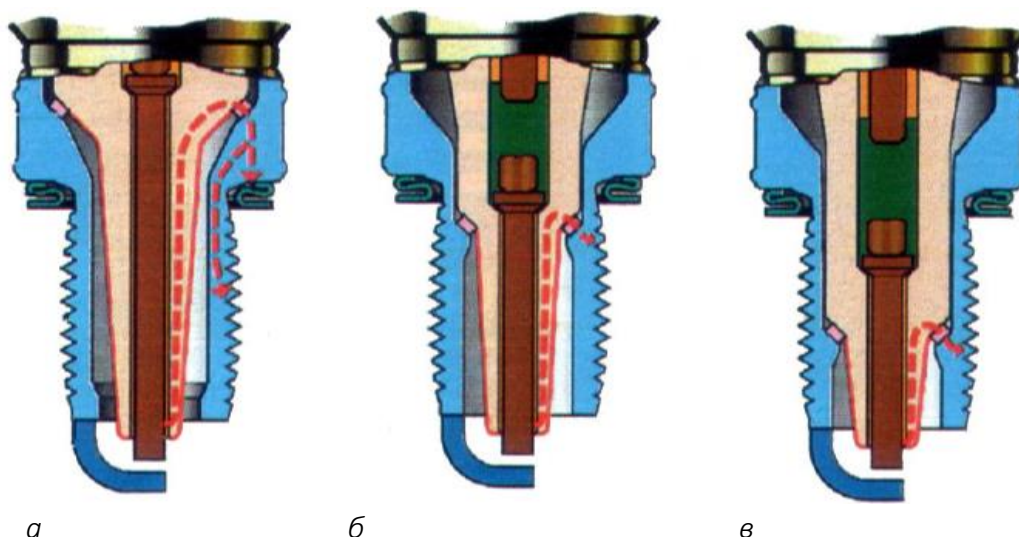
возможно отложение нагара. Искры между электродами свечи временами вообще не будет, и в работе двигателя появятся перебои.

При температуре 400–500 °С с теплового конуса свечи исчезает нагар. Эта температура называется температурой самоочистки свечи.

При температуре теплового конуса более 900 °С происходит воспламенение рабочей смеси уже не искрой, а от соприкосновения с раскаленным изолятором, электродами, с частицами сгоревшего нагара. В этом случае наступает калильное зажигание, и двигатель продолжает работать даже при выключенном зажигании. Из-за перегрева начинают выгорать (оплавляться) электроды, изолятор, появляется эрозия торца корпуса.

Предельные значения температуры для всех свечей практически одинаковы, тепловые условия ее работы на различных двигателях существенно отличаются, поэтому свечи изготавливаются с различной теплоотдачей. Теплоотдача свечи определяется целым рядом параметров: длиной резьбы и теплового конуса, зазором между тепловым конусом и корпусом, длиной верхней части изолятора и ребра (канавки) на нем, теплопроводностью материалов (изолятора, электродов, корпуса и т.д.). Свечи с малой теплоотдачей называют «горячими». Они предназначаются для тихоходных двигателей с небольшой степенью сжатия. Свечи с большой теплоотдачей называют «холодными». Они устанавливаются на быстроходные (форсированные) двигатели с высокой степенью сжатия. Если свечи сделаны из одинаковых материалов, то различия только конструктивные. У «горячей» – более длинный тепловой конус, с большей поверхностью. У «холодной» – очень короткий. Поэтому первая примет больше теплоты от сгорающего топлива, вторая – меньше. На рисунке 6.3 приведены свечи с различными тепловыми характеристиками.

Тепловые качества свечей характеризуются *калильным числом*. Калильное число определяется на специальном одноцилиндровом эталонном двигателе, степень сжатия которого изменяют до возникновения калильного зажигания. Среднее индикаторное давление, соответствующее возникновению калильного зажигания, и выражает собой калильное число, которое должно соответствовать ряду: 8; 11; 14; 17; 20; 23; 26. Чем больше калильное число, тем больше теплоотдача свечи и меньше длина теплового конуса изолятора. В некоторых странах под калильным числом понимают время работы эталонного двигателя до начала калильного зажигания. Так обозначает калильное число, например, фирма Bosch. В таблице 6.6 приведены ряды калильных чисел, используемые различными изготовителями.



*а* – «горячая», *б* – «нормальная», *в* – «холодная».

Прерывистая линия показывает путь отвода тепла от изолятора к корпусу

Рисунок 6.3. – Конструкция свечей зажигания с различными тепловыми характеристиками

Таблица 6.6

Фирма, страна	Калильное число	
	«горячая»	«холодная»
Россия	8 11 14	17 20 23 26
Bosch, Германия	13 12 11 10...07 06	3 2 1 09 08
Champion, Англия	25 24 23	3 2 1
Al Deco, США	9 8 7 6 5	4 3 2 1 0
Eyquem, Франция	30 32 42 52	58 62 72 82 96
NGK, Япония	2 4 5 6 8 10	11 12 13 14

Выбор свечи для двигателя по калильному числу зависит от многих факторов: организации рабочего процесса сгорания, мощности двигателя, степени сжатия, частоты вращения, охлаждения и т. д., например, на автомобиле ГАЗ-21 «Волга» применялись свечи А8НГ с калильным числом 8. На автомобилях ВАЗ используются свечи А17Д. Наиболее «холодные» свечи типа А23 и А26ДВ были необходимы для двигателей ММЗ-968 и опытных роторных моторов ВАЗ-311.

Нет свечей, пригодных для любого двигателя. Для примера на рисунке 6.4 приведены характеристики «горячей» (а), «нормальной» (б) и «холодной» (в) свечей зажигания, установленных на одном и том же двигателе.



Рисунок 6.4. – Зависимость температурной характеристики свечи зажигания от мощности двигателя

Видно, что у «горячей» уже при половинной мощности двигателя температура теплового конуса будет выше 850 °C, и с повышением нагрузки она сразу же вызовет калильное зажигание. «Холодная» лишь при мощности более 50% начинает самоочищаться, а при меньших нагрузках тепловой конус будет покрываться токопроводящим шунтом. Поэтому в данном случае подходит лишь «нормальная» свеча.

Кроме тепловых нагрузок свечи подвержены также воздействию механических, электрических и химических нагрузок. Так, давление в цилиндре двигателя достигает 5–6 МПа (максимальное давление в цикле), поэтому на поверхность свечи, находящейся в камере сгорания, действует усилие, составляющее около 0,5...1,2 кН. При нарушении герметичности свечей в соединении изолятора центрального электрода с корпусом происходит пропуск отработавших газов наружу. Это вызывает перегрев нижней части изолятора, в результате чего происходит преждевременное воспламенение рабочей смеси раскаленными изоляторами свечей, и возникают перебои в работе цилиндров двигателя.

В процессе работы свеча находится под электрическим напряжением, приложенным к ее электродам, равным пробивному напряжению искрового промежутка. Это напряжение может превышать 20 кВ. Рабочая часть электродов подвергается воздействию электрической энергии в процессе искрообразования. Износ электродов дополнительно увеличивается из-за того,

что в продуктах сгорания находятся вещества, которые вызывают их химическую коррозию. Опыт показывает, что в процессе работы зазор в свече увеличивается в среднем на 0,015 мм на 1000 км пробега автомобиля.

Неполное сгорание топливной смеси ведет к отложению токопроводящего нагара на поверхности теплового конуса, электродах и стенках камеры свечи. Нагар образуется также из-за попадания смазочного масла на тепловой корпус изолятора. Смазочное масло является изолятором для электрического тока, но когда оно смачивает слой ранее отложившегося нагара, то вся образовавшаяся масса превращается в токопроводное вещество. Это отложение постепенно обугливается под действием температуры и становится более токопроводным. При этом напряжение, развиваемое во вторичной цепи системы зажигания, уменьшается и может оказаться равным или даже меньшим пробивного напряжения искрового промежутка свечи, что приводит к нарушению в бесперебойности искрообразования и даже к полному его прекращению. К аналогичному результату может привести попадание влаги и загрязнение открытой части изолятора свечи, находящейся в подкапотном пространстве автомобиля.

При нормальных условиях эксплуатации свечи зажигания рекомендуется заменять через 15–30 тыс. км пробега автомобиля.

### **Маркировка отечественных свечей**

Маркировка свечей содержит расширенную информацию об их конструкции и свойствах. В маркировке отечественных свечей используется:

- обозначение резьбы на корпусе (А – резьба М14х1,25; М – резьба М18х1,5);
- обозначение вида опорной поверхности корпуса (плоская не обозначается; К – конусная);
- калильное число (от 8 до 26);
- обозначение длины резьбовой части корпуса (Н – 11 мм; С – 12,7 мм; Д – 19 мм; длина 12 мм не обозначается);
- обозначение выступающего теплового конуса изолятора за торец корпуса (отсутствие выступающего конуса не обозначают; при выступании – В);
- обозначение герметизации соединения изолятор – центральный электрод (Т – термоцементом; герметизация иным герметиком не обозначается);
- специальные обозначения (Р – встроенный помехоподавительный резистор);

– материал центрального электрода (нихром не обозначается; М – медь с нихромом; П – платина; С – серебро);

– порядковый номер конструкторской разработки (через дефис).

Пример: А17ДВ-10 – свеча зажигания с резьбой на корпусе М14х1,25, калильным числом 17, длиной резьбовой части корпуса 19 мм, имеющей выступание теплового конуса изолятора за торец корпуса.

### Взаимозаменяемость свечей зажигания

Замена свечи одного изготовителя на свечи другого возможна, если они соответствуют по тепловой характеристике, а также по размеру, шагу и длине резьбы на корпусе. В таблице 6.7 приведены некоторые типы взаимозаменяемых отечественных и зарубежных свечей зажигания.

Таблица 6.7

Россия	Bosch, Германия	Champion, Англия	Motorkraft, США	Marelli, Италия	NGK, Япония	Применение
A11	W8A, W9A	L88	AE52	CW3N	V5HS	ГАЗ-53А, Зил-431410, УАЗ-469
A14Д	W8CC	N5	AG3, AG31	CW5L	–	ГАЗ-3102 «Волга», с дви- гателем ЗМЗ-4022.10
A17Д	W7CC	N4	AG2, AG21	CW6L	B6ES	Дефорсированный двигатель УЗАМ-412ДЭ
A17ДВ	W7DC, W7DP	N10Y	AG252	CW7LP	BP6E S	ВАЗ 2101-2107 АЗЛК-2141 с двигателем ВАЗ-2106-70
A17ДВ-10	W7DC, W7DP	N9Y	AG252	CW7LP	BP6E S	ВАЗ 2108, -2109, ЗАЗ-1102
A20Д-1 A20Д-2	W6CC	N3	AG4	CW7L	B7ES	«Москвич»-412, 2140, 21412, ИЖ-2125
A23	W5A	LW81, LW82	AE2, AE3	CW7N	B7HS	МеМЗ-968, -969

### Оценка условий сгорания рабочей смеси в двигателе по внешнему виду свечи

При рассмотрении внешнего вида свечи можно узнать о состоянии двигателя очень много.

Условия сгорания рабочей смеси оптимальны, если: резьба свечи сухая, а не мокрая; ободок – темный с тонким слоем нагара (копоти); цвет электродов и изолятора – от светло-коричневого до светло-желтого, светло-серого, белесого.

О неисправностях говорит: мокрая резьба (от бензина или масла); ободок покрыт черным рыхлым нагаром с пятнами; электроды и изолятор темно-коричневые с пятнами, иногда на сгибе бокового электрода желтое пятно и др.

Оптимальные условия сгорания рабочей смеси могут быть нарушены:

- неправильной регулировкой зазора в контактах прерывателя, неточным моментом зажигания, неисправностью автоматов опережения;
- выходом из строя конденсатора, катушки зажигания, высоковольтных проводов, крышки и ротора прерывателя-распределителя;
- нарушением зазоров между электродами свечей;
- неисправностями системы питания, переобеднением или переобогащением смеси;
- неисправностями в связи с износом двигателя и длительностью эксплуатации систем зажигания и питания (засорение, загрязнение, обгорание контактов и т.п.).

Примеры внешнего вида свечей при различных условиях эксплуатации приведены на рисунке 6.5, а–е.

*Нормальная свеча* имеет очень мало отложений на изоляторе, окрашивающих его в светло-коричневый цвет, сероватый или серый (при применении бензинов с добавками свинцовых соединений). Электроды почти не изношены, корпус чист. Это свидетельство правильного температурного режима и хорошего состояния поршневых колец. Такие свечи после чистки и (если это нужно) регулировки зазора между электродами можно без опасений вновь поставить на двигатель.

*У изношенной свечи* электроды корродированны, изолятор изъязвлен такая свеча отслужила свой срок. Конечно, она еще может «протянуть» какое-то незначительное время, но для того чтобы двигатель расходовал меньше бензина, плавно работал и надежно пускался, свечу нужно сменить.

*У закопченной свечи* черные сухие отложения покрывают изолятор, электроды, корпус. Причин появления нагара немало. Наиболее явные: неисправность свечи; нарушение зазоров между электродами, несоответствие свечи двигателю по калильному числу; неправильная регулировка угла замкнутого состояния контактов (или зазора в прерывателе); неисправности катушки зажигания, конденсатора или проводов высокого напряжения; слишком богатая смесь или засорение воздушного фильтра. Также причиной появления нагара может быть длительная работа двигателя на холостом ходу или при малых скоростях и незначительных нагрузках.





*a* - нормальная свеча



*б* - изношенная свеча



*в* - закопченная свеча



*г* - замасленная свеча



*д* - обгоревшая свеча



*е* - свеча, поврежденная ранним зажиганием

Рисунок 6.5. – Внешний вид свечей при различных условиях эксплуатации

*Замасленная свеча*, так же, как и закопченная, покрыта изолирующей грязью, но из жидких остатков масла. Черный маслянистый нагар указывает на забрызгивание свечей маслом, проникающим через маслосъемные колпачки впускных клапанов в камеру сгорания или через изношенные поршневые кольца. В этом случае требуется ремонт двигателя. Однако временное замасливание свечей возможно при обкатке двигателя, когда кольца еще не приработались.

Свечи, покрытые значительным слоем нагара, должны быть подвержены очистке.

*Обгоревшая свеча* имеет выгоревшие электроды, изъязвленный тепловой конус изолятора (нагар белого, светло-серого или светло-желтого

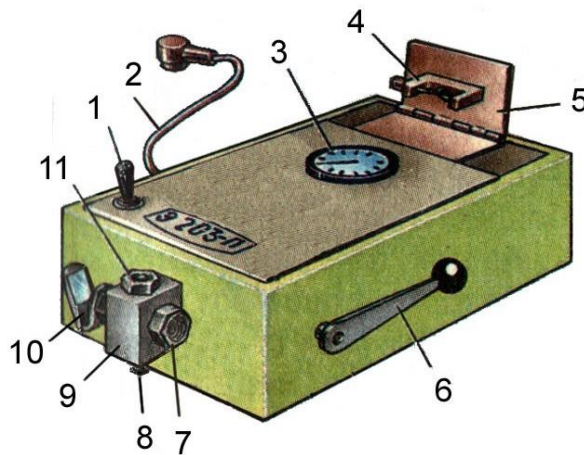
цвета). Все это говорит о перегреве свечи. Причины этого – несоответствие свечи двигателю (слишком низкое калильное число); неправильная установка зажигания; неподходящий бензин (низкооктановый). Результат в любом случае – калильное зажигание и сильная детонация. Менее вероятны, но возможны и иные причины: слишком бедная смесь; зависание клапанов; плохое охлаждение и перегрев двигателя.

*Свеча, поврежденная ранним зажиганием, похожа на предыдущую свечу, но все же имеет резко выраженные особенности. Электроды оплавлены, изолятор пережжен. Это сигнал к необходимости проверить установку зажигания (такое происходит при слишком раннем зажигании), регулировку клапанов и соответствие калильного числа и марки свечей требованиям заводской инструкции.*

Свечи, имеющие видимые механические повреждения, следует выбраковывать.

### **Проверка свечей зажигания на стенде Э203-П на герметичность и искрообразование**

Стенд Э203-П предназначен для испытаний свечей зажигания на герметичность и искрообразование. Внешний вид устройства показан на рисунке 6.6.



1 – тумблер (откл./проверка); 2 – высоковольтный провод с наконечником; 3 – манометр; 4 – контрольный разрядник; 5 – откидная крышка; 6 – рукоятка поршневого насоса; 7 – переходник; 8 – вентиль выпуска сжатого воздуха; 9 – воздушная камера; 10 – зеркало-отражатель; 11 – смотровое окно

Рисунок 6.6. – Внешний вид стенда Э203-П

Принцип работы стенда Э203-П заключается в следующем. Проверяемую свечу ввертывают в воздушную камеру (при этом свечи М18х1,5 ввертываются непосредственно, а для свечей М14х1,25 имеются 2 переходника,

которые соответствуют длине ввертной части 12 мм и 19 мм). Затем закручивают до отказа вентиль выпуска сжатого воздуха и рукояткой поршневого насоса создают в воздушной камере заданное давление. Давление воздуха контролируют по манометру.

Для проверки на герметичности свечи создают давление воздуха 1,0 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>) и наблюдают за показаниями манометра. Допускается падение давления на 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>) от первоначального в течение 1 мин, а для свечей с изолятором из термоцемента – за 10 с. Более быстрый спад давления свидетельствует о том, что свеча не обладает нужной герметичностью и она выбраковывается.

Для проверки на искрообразование прибор включают в сеть и присоединяют высоковольтный провод к проверяемой свече. В воздушной камере создают давление, руководствуясь таблицей 6.8.

Таблица 6.8

Зазор между электродами, мм		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Испытательное давление	МПа	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	кгс/см <sup>2</sup>	10	9	8	7	6	5

Далее переводят тумблер в положение «Проверка» и в течение 3–5 с наблюдают через верхнее смотровое окно за искрообразованием между электродами свечи, а через боковое зеркало-отражатель – за утечкой тока по нагару.

У нормально работающей свечи должно наблюдаться бесперебойное искрообразование между электродами. Через боковое зеркало должен быть виден светлый ореол вокруг центрального электрода. При устойчивом, регулярном искрообразовании свеча исправна и пригодна для дальнейшей эксплуатации.

При утечке тока через слой нагара или трещины в изоляторе искрообразование между электродами будет с перебоями, а место утечки будет видно через зеркало-отражатель. Если будут обнаружены перебои в искрообразовании, следует с помощью вентиля снизить давление в воздушной камере, руководствуясь таблицей 6.9.

Таблица 6.9

Зазор между электродами, мм		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Пониженное испытательное давление	МПа	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35
	кгс/см <sup>2</sup>	7	6	5	4,5	4	3,5

И снова провести проверку. Если при этом искрообразование будет бесперебойным, то свечу можно устанавливать на двигатель для дальнейшей эксплуатации, но при этом ее ресурс будет ниже, чем у исправной. В случае же наблюдения повторных перебоев в искрообразовании свечу следует выбраковать.

### Контрольные вопросы

1. Как устроена свеча зажигания?
2. Как маркируются свечи зажигания? Что показывает калильное число свечи зажигания?
3. Каковы принцип и режимы работы свечи?
4. Какие факторы обуславливают выбор типа свечей зажигания для конкретного двигателя?
5. Для чего нужны помехоподавительные резисторы, встроенные в свечи зажигания или свечные наконечники?
6. Как по внешнему виду свечи зажигания оценить условия сгорания рабочей смеси в двигателе, в котором была установлена данная свеча?
7. Как регулируются зазоры между электродами свечи? От чего зависит величина зазора?
8. Как провести очистку свечи зажигания от нагара?
9. Как провести проверку свечи зажигания на герметичность?
10. Как провести проверку свечи зажигания на работоспособность?

### Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Тимофеев, Ю.Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей / Ю.Л. Тимофеев, Г.Л. Тимофеев, Н.М. Ильин. – 4-е изд., стер. – М. : Транспорт, 1998. – 301 с.
4. Росс, Твег. Системы зажигания / Твег Росс. – М. : За рулем, 1998. – 96 с.

## Лабораторная работа 7

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЗАЖИГАНИЯ

**Цель работы:** изучить принцип действия распределителей зажигания, конструкцию и назначение его основных частей, технологию разборки и сборки распределителя зажигания типа 30.3706, оценить техническое состояние основных узлов и элементов исследуемого распределителя зажигания.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.

1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:

- ознакомиться с назначением распределителей зажигания и принципом их действия;
- изучить устройство распределителей зажигания и назначение их узлов и элементов;
- ознакомиться с основными техническими характеристиками распределителей зажигания;
- изучить технологию разборки и сборки распределителей зажигания.

1.2. В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.

1.3. Подготовить таблицу оценки технического состояния элементов и узлов распределителя зажигания по образцу, приведенному в руководстве по выполнению лабораторной работы.

2. Работа в лаборатории.

2.1. Для детального изучения конструкции распределителя зажигания и его узлов ознакомиться с демонстрационным стендом и плакатами.

2.2. Получить у дежурного лаборанта или преподавателя набор инструментов, необходимых для разборки и сборки распределителя зажигания 30.3706.

2.3. Разобрать распределитель зажигания в следующем порядке:

2.3.1. Отстегнуть пружины и снять крышку распределителя.

2.3.2. Отвернуть винты и снять ротор.

2.3.3. Посредством молотка и круглого стержня выбить штифт из маслоотражательной муфты на валу распределителя, а затем пассатижами вынуть штифт.

2.3.4. Снять с вала распределителя муфту и шайбу.

2.3.5. Извлечь вал распределителя с центробежным регулятором из корпуса.

2.3.6. Сдвинуть отверткой стопорную шайбу, удерживающую тягу вакуумного регулятора на стойке пластины прерывателя, снять шайбу и конец тяги со стойки.

2.3.7. Отвернуть два винта и снять вакуумный регулятор в сборе.

2.3.8. Вывернуть винт, крепящий провод прерывателя на корпусе.

2.3.9. Отвернуть два винта, соединяющих прерыватель с пластиной, и снять прерыватель.

2.3.10. Отвернуть два винта, фиксирующих наружное кольцо подшипника в гнезде на корпусе распределителя.

2.3.11. Снять фильц.

2.3.12. Двумя отвертками поддеть пластину прерывателя и, опираясь на края корпуса распределителя, вытащить подшипник из гнезда и снять пластину.

2.4. Осмотрев состояние узлов, и зафиксировав у преподавателя окончание разборки, собрать распределитель зажигания в обратном порядке, не устанавливая ротор и крышку.

2.5. Оценить техническое состояние основных узлов исследуемого распределителя зажигания.

2.5.1. Оценить техническое состояние крышки. Для чего:

— Провести осмотр внешней и внутренней поверхностей крышки (нет ли на них трещин и следов прогара, углеродных дорожек на поверхности). *Поврежденная крышка заменяется.*

**Примечание.** Действия, выделенные курсивом, выполняются только при проведении технического обслуживания распределителя зажигания.

— Провести осмотр клемм для подключения высоковольтных проводов и боковых электродов на внутренней поверхности крышки.

— Проверить центральный угольный электрод на его подвижность в крышке.

— Проверить степень износа центрального угольного электрода.

2.5.2. Оценить техническое состояние ротора исследуемого распределителя зажигания.

- Осмотреть ротор и его контакты.
- Измерить сопротивление резистора в роторе. Его значение должно быть в пределах 5-6 кОм.

*Поврежденный ротор или резистор заменяется.*

2.5.3. Оценить техническое состояние контактов прерывателя:

- Проверить и оценить внешнее состояние контактов прерывателя.
- Проверить степень окисления или замасливание контактов.

Для этого нужно:

- обеспечить положение, при котором контакты прерывателя будут замкнуты;
- подключить к проводу подвода тока низкого напряжения и корпусу распределителя источник постоянного напряжения 12 В ( $P \geq 50$  Вт) с добавочным резистором  $R_d = 3$  Ом, мощности 50 Вт (рисунок 7.1, а);
- подключить вольтметр, согласно рисунку 1 и измерить напряжение.

При нормальном состоянии контактов падение напряжения на них не должно превышать 0,15 В (рисунок 7.1, б).

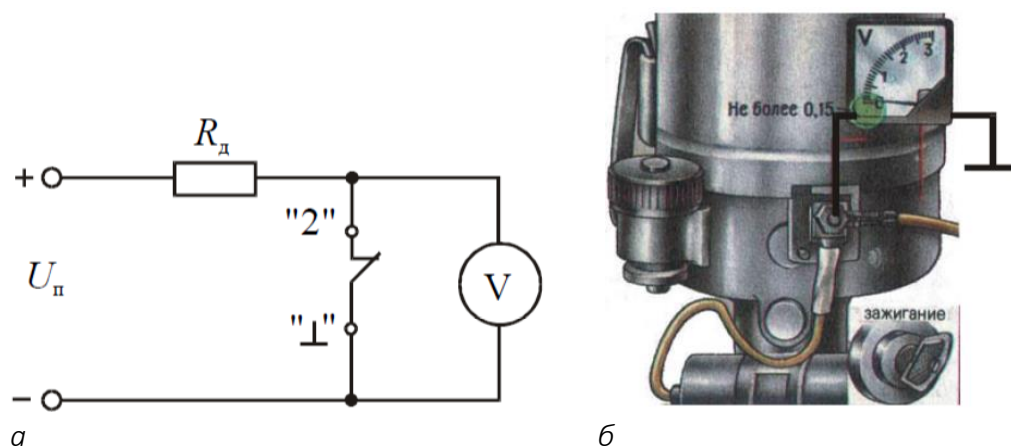


Рисунок 7.1. – Схема проверки технического состояния контактов прерывателя

**Примечание.** При выключенном зажигании и замкнутых контактах происходит нагрев катушки зажигания, поэтому данную операцию следует проводить в течение ограниченного времени.

- Проверить легкость вращения рычажка с подвижным контактом и упругость пружины. Оттянутый пальцем рычажок должен сразу возвращаться в исходное положение, и контакты должны замыкаться со щелчком.

Если рычажок заедает на оси или ослабла его пружина, контактную группу следует заменить.

- Проверить усилие прижатия контактов. Для этого нужно:
- обеспечить неподвижное положение корпуса распределителя;
- установить контакты в замкнутое состояние;
- подключить через ограничивающее сопротивление (порядка 15–20 Ом) к проводу подвода тока и корпусу распределителя источник постоянного напряжения 12 В;
- подключить вольтметр (или контрольную лампу) между клеммой прерывателя и корпусом (рисунок 7.2);
- зацепить крючком динамометра за рычажок прерывателя у контактов и плавно отвести динамометр до начала размыкания контактов, которое определяют по показанию вольтметра, соответствующего напряжению питания (или включению лампы).

Замеренное усилие должно быть в пределах 500...600 гс (4,9...5,88 Н). Ослабленную пружину заменяют вместе с рычажком.

– Проверить щупом величину зазора между контактами прерывателя. Для этого нужно, вращая вал, установить кулачок прерывателя в такое положение, при котором контакты прерывателя будут максимально разомкнуты. Затем ввести плоский щуп в зазор между контактами. Щуп должен входить плотно, но без разведения контактов.

Допустимые значения зазора между контактами прерывателя лежат в пределах 0,35–0,45 мм.

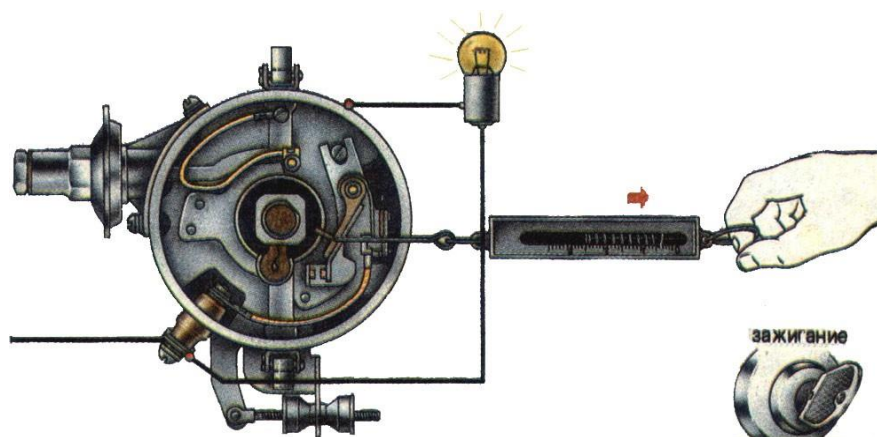


Рисунок 7.2. – Проверка усилия прижатия контактов прерывателя



— По заданию преподавателя выставить между контактами требуемый зазор. Для регулировки зазора между контактами прерывателя 30.3706 нужно ослабить винты 33 (см. рисунок 7.3) крепления пластины неподвижного контакта, затем установить лезвие отвертки в специальную прорезь на пластине 26 и легким вращением отвертки сместить пластину до нормального зазора между контактами. Затем завернуть оба винта и проверить зазор.

2.5.4. Проверить омметром сопротивление изоляции между различными клеммами и «массой». Сопротивление между низковольтной клеммой прерывателя и корпусом нужно измерять при разомкнутых контактах прерывателя. Сопротивление изоляции при нормальных условиях должно быть не менее 10 МОм.

2.5.5. Проверить работоспособность центробежного регулятора. Для чего, удерживая вал и разводя в сторону грузики, визуально оценить ход опорной пластины с кулачком.

2.5.6. Проверить работоспособность вакуумного регулятора. Для чего с помощью подручных вспомогательных средств, создавая разряжение в камере, визуально оценить ход тяги и поворот подвижной пластины.

2.5.7. Оценить техническое состояние конденсатора.

— Проверить конденсатор на пробой. Для этого:

— вставить между контактами прерывателя кусочек картона или обеспечить положение, при котором контакты прерывателя будут разомкнуты;

— подключить к проводу 2 (см. рисунок 7.3) и корпусу распределителя (через ограничивающее сопротивление порядка 15–20 Ом) источник постоянного напряжения 12 В;

— измерить вольтметром напряжение между рычажком 23 прерывателя и корпусом.

Если напряжение будет меньше 12 В, то конденсатор пробит, *и его надо заменить*.

— Проверить с помощью измерительного прибора емкость конденсатора. Замеренная в диапазоне частоты от 50 до 1000 Гц, емкость должна находиться в пределах 0,2–0,25 мкФ.

2.6. Результаты оценки технического состояния узлов распределителя зажигания занести в таблицу 7.1 (согласно приведенному образцу), и сделать заключение.

2.7. Закончить сборку распределителя зажигания.

2.8. По результатам проделанной работы оформить отчет.

Таблица 7.1

№	Наименование	Описание технического состояния узла распределителя зажигания	Заключение
1	<i>Контакты прерывателя</i>	<i>Состояние хорошее (контакты не за- грязнены, не подгорели, ... ). Усилие прижатия в норме (составляет ...). Величина зазора 2 мм, ...</i>	<i>Пригодны к дальней- шей эксплуатации, требуется регули- ровка зазора,...</i>
2			

### Теоретическая часть

Распределитель зажигания 30.3706 служит для прерывания тока в цепи низкого напряжения катушки зажигания и распределения импульсов высокого напряжения по свечам зажигания.

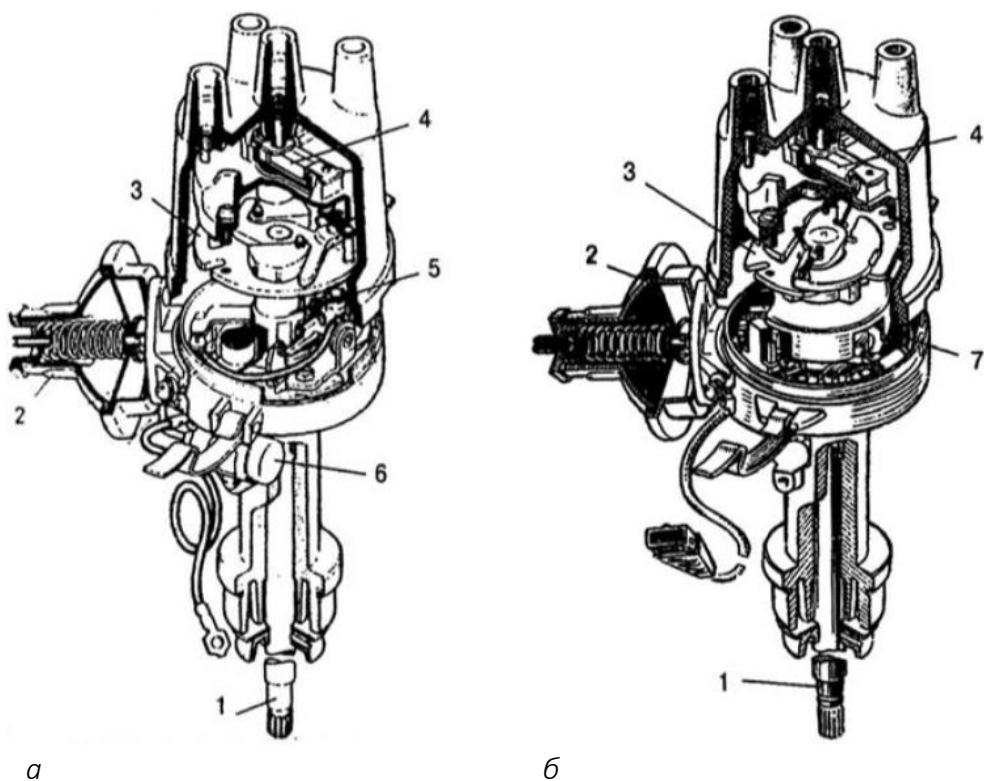
#### Устройство распределителя зажигания

Распределители зажигания управляют моментом искрообразования и распределением искры по цилиндрам. В зависимости от того, выполнен ли механизм искрообразования контактным или бесконтактным, распределители делятся на прерыватели-распределители и датчики-распределители. На рисунке 7.3, а, изображен прерыватель-распределитель, а на рисунке 7.3, б – датчик-распределитель,

Прерыватели-распределители имеют устоявшуюся конструкцию и отличаются, в основном, элементами подсоединения к двигателю и числом выводов, зависящим от числа цилиндров двигателя. Они объединяют в один узел контакт-прерыватель тока в первичной цепи катушки зажигания, центробежный и вакуумный регуляторы угла опережения зажигания и высоковольтный распределитель. Высоковольтный распределитель содержит пластмассовый ротор с центральным электродом и боковые электроды, установленные в пластмассовой крышке. Ротор закреплен на подвижной пластине регулятора опережения зажигания и соединен с центральным электродом через подпружиненный угольный электрод и помехоподавительный резистор, закрепленный в углублении ротора (в ряде конструкций может отсутствовать).

На корпусе прерывателя-распределителя закреплен конденсатор, включенный параллельно контактам прерывателя для уменьшения их искрения.

Датчики-распределители отличаются в основном тем, что у них контактный прерыватель замещен бесконтактным датчиком и отсутствует конденсатор. В бесконтактном датчике магнитоэлектрического типа число пар полюсов соответствует числу цилиндров двигателя, в датчике Холла этому числу соответствует число прорезей вращающегося магнитного экрана.



*а* – прерыватель-распределитель 30.3706.01; *б* – датчик распределитель 5301.3706

1 – приводной валик; 2 – вакуумный регулятор; 3 – центробежный регулятор;  
 4 – ротор распределителя («бегунок»); 5 – прерывательный механизм; 6 – конденсатор;  
 7 – бесконтактный датчик.

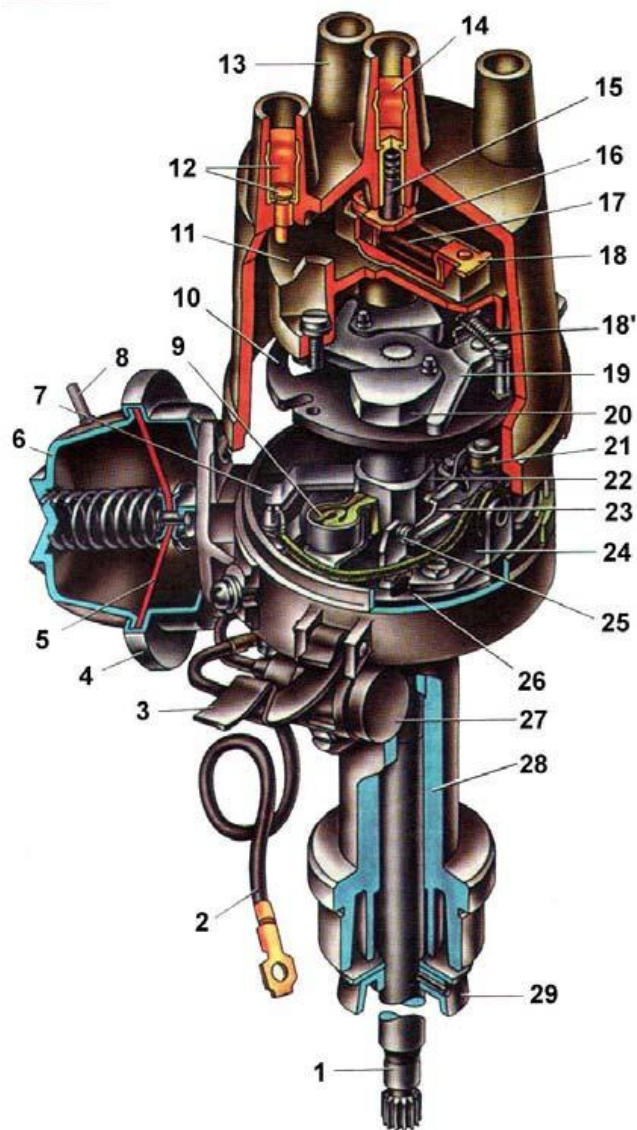
Рисунок 7.3. – Конструкция распределителей зажигания

### Распределитель зажигания 30.3706

До 1980 г. на автомобилях семейства ВАЗ применялся распределитель зажигания Р-125Б с центробежным регулятором опережения зажигания и октан-корректором. Позднее стал применяться распределитель зажигания типа 30.3706, имеющий вместо октан-корректора вакуумный регулятор опережения зажигания и другую характеристику центробежного регулятора. Распределитель 30.3706-10 устанавливался на двигателях, имевшие меньшую высоту блока цилиндров (у него более короткий валик).

На рисунке 7.4 приведена в разрезе конструкция распределителя зажигания 30.3706.

Основные части распределителя зажигания 30.3706: распределитель высокого напряжения, прерыватель, центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания.



1 – валик (канавка – для отличия распределителей зажигания 30.3706); 2 – провод подвода тока к распределителю зажигания; 3 – защелка крепления крышки; 4 – корпус вакуумного регулятора; 5 – диафрагма; 6 – крышка вакуумного регулятора; 7 – тяга вакуумного регулятора; 8 – патрубок для вакуумного шланга от карбюратора; 9 – смазочный фитиль (фильц) кулачка; 10 – опорная пластина центробежного регулятора опережения зажигания; 11 – ротор распределителя; 12 – боковой электрод с клеммой для провода к свече зажигания; 13 – крышка распределителя зажигания; 14 – центральная клемма для провода от катушки зажигания; 15 – центральный угольный электрод с пружиной; 16 – центральный контакт ротора; 17 – резистор для подавления радиопомех; 18 – наружный контакт ротора; 18' – пружина; 19 – подвижная пластина центробежного регулятора; 20 – грузик центробежного регулятора опережения зажигания, 21 – ось рычажка, 22 – кулачок прерывателя; 23 – рычажок прерывателя; 24 – стойка с контактами прерывателя; 25 – контакты прерывателя; 26 – подвижная пластина прерывателя; 27 – конденсатор; 28 – корпус распределителя зажигания; 29 – маслоотражательная муфта валика

Рисунок 7.4. – Распределитель зажигания 30.3706

Распределитель напряжения состоит из ротора 11 и электродов, установленных в пластмассовой крышке 13. На роторе приклепаны центральный 16 и наружный 18 контакты, между которыми в углублении находится помехоподавительный резистор 17. В центральный контакт ротора упирается подпружиненный угольный электрод. Прерыватель состоит из кулачка 22 с четырьмя выступами и стойки 24 с контактами, которые кулачок размыкает при вращении.

К верхнему концу втулки кулачка припаяна опорная пластина 10 центробежного регулятора опережения зажигания с грузиками 20. При увеличении частоты вращения грузики 20 под действием центробежных сил расходятся и поворачивают опорную пластину 10 вместе с кулачком 22 прерывателя в направлении вращения валика (увеличивая угол опережения зажигания).

Сбоку к корпусу распределителя прикреплен вакуумный регулятор, состоящий из корпуса 4 с крышкой, между которыми зажата гибкая диафрагма 5. К диафрагме крепится тяга 7, связанная с подвижной пластиной 26 прерывателя. На диафрагму 5 регулятора действует разрежение, отбираемое из зоны над дроссельной заслонкой первой камеры карбюратора. При малой нагрузке под действием разрежения диафрагма оттягивается и тягой 7 поворачивает подвижную пластину 26 прерывателя против направления вращения валика (опережение зажигания увеличивается). При увеличении нагрузки разрежение уменьшается, и пружина отжимает диафрагму.

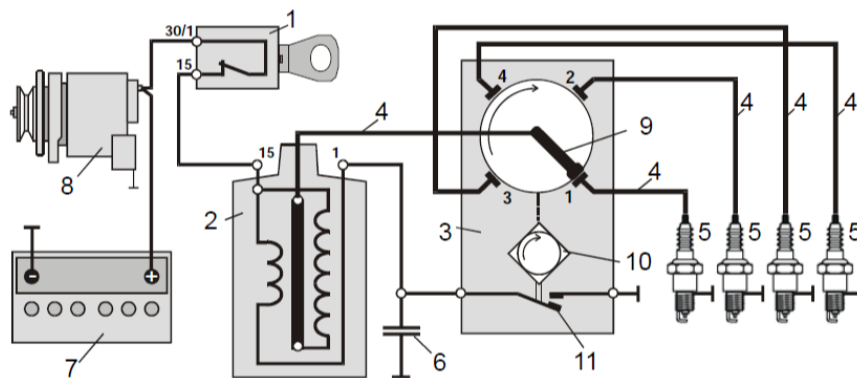
### **Принцип работы распределителя зажигания**

Пример подключения распределителя зажигания в классической (контактной) системе зажигания показан на рисунке 7.5.

В контактной системе зажигания коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым прерывательным механизмом. Кулачок прерывателя связан с коленчатым валом двигателя через зубчатую или зубчато-ременную передачу, причем частота вращения вала кулачка в системах с четырехцилиндровыми двигателями вдвое меньше частоты вращения вала двигателя.

При работе двигателя периодически прерыватель прерывает ток в первичной обмотке катушки зажигания. В этот момент магнитное поле в катушке зажигания уменьшается и, пересекая витки вторичной обмотки, индуцирует в ней ЭДС порядка 15–25 кВ. Высокое напряжение от катушки поступает через высоковольтный провод к центральной клемме распределителя зажигания, затем через контактный уголек к вращающемуся электроду (ротору),

установленному на одном валу с кулачком прерывателя. При вращении ротора импульсы высокого напряжения последовательно через воздушный промежуток (приблизительно в 0,5 мм), боковые электроды распределителя и высоковольтные провода подаются на свечи зажигания, создавая искровой разряд между их электродами. Высоковольтные провода к боковым электродам подсоединяют согласно порядку работы цилиндров (для 4-цилиндрового ДВС – 1-3-4-2, а для 6-цилиндрового – 1-5-3-6-2-4). Момент прохождения бегунка мимо каждого электрода распределителя синхронизировано с размыканием контактов прерывателя. Угол замкнутого состояния контактов равен углу поворота вала распределителя, при котором контакты прерывателя остаются замкнутыми. Время замкнутого и разомкнутого состояния контактов определяется частотой вращения и зазором между контактами.



1 – выключатель зажигания; 2 – катушка зажигания; 3 – распределитель напряжения; 4 – высоковольтные провода; 5 – свечи зажигания; 6 – конденсатор; 7 – аккумулятор; 8 – генератор; 9 – ротор распределителя; 10 – кулачковый механизм; 11 – контакты прерывателя

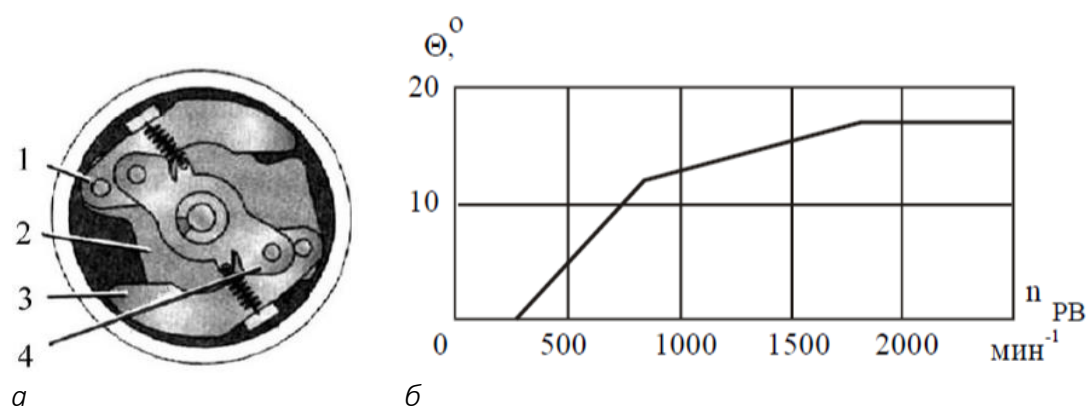
Рисунок 7.5. – Схема классической системы зажигания

Во время работы распределитель зажигания должен обеспечивать момент зажигания, при котором сгорание горючей смеси было бы полным и заканчивалось при повороте коленчатого вала на 10-15° после прохождения поршнем верхней мертвой точки (ВМТ). При этом момент зажигания зависит от частоты вращения коленчатого и нагрузки двигателя.

Угол опережения зажигания устанавливается изменением положения кулачка относительно приводного вала или углового положения пластины прерывателя, на которой закреплена ось его подвижного рычажка. Регулирование угла опережения зажигания  $\Theta$  в классических системах зажигания осуществляется несколькими регуляторами. Автоматическое регулирование

$\Theta$  в зависимости от частоты вращения коленчатого вала обеспечивается центробежным регулятором, а в зависимости от нагрузки – вакуумным регулятором. Ручное регулирование  $\Theta$  осуществляется с помощью октан-корректора (в зависимости от октанового числа бензина).

Закономерность изменения угла опережения зажигания по частоте вращения коленчатого двигателя и его нагрузке различна для разных типов двигателя и подбирается экспериментально. Однако во всех случаях с увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня, и для того чтобы горючая смесь успела сгореть, необходимо ее воспламенить несколько ранее прихода поршня ВМТ. Эту задачу выполняет центробежный регулятор опережения зажигания, увеличивающий угол опережения зажигания при увеличении частоты вращения коленчатого вала (рисунок 7.6, а).



1, 3 – грузики; 2 – опорная пластина; 4 – траверса с пружинами

Рисунок 7.6. – Конструктивное исполнение центробежного регулятора опережения зажигания (а) и его характеристика (б)

Изменения положения кулачка относительно приводного вала в зависимости от частоты вращения осуществляются с помощью грузиков, оси вращения которых закреплены на пластине, связанной с кулачком прерывателя (или приводным валом).

Под действием центробежной силы, зависящей от частоты вращения, грузики, преодолевая сопротивление пружин, стремятся разойтись и повернуть опорную пластину вместе с кулачком прерывателя (или траверсу, жестко связанную с кулачком). Пружины отличаются числом витков, диаметром проволоки и длиной. Пружина, имеющая большую упругость, установлена с некоторым натяжением и не дает грузикам расходиться при низких

частотах вращения коленчатого вала двигателя. Регулятор вступает в работу при частоте вращения около  $800 \text{ мин}^{-1}$ , когда центробежная сила грузиков начинает преодолевать сопротивление этой пружины. При более высокой частоте вращения вступает в действие вторая пружина, более жесткая, установленная на штифте и оси свободно. Это обеспечивает необходимое изменение угла опережения зажигания на разных частотах вращения коленчатого вала двигателя.

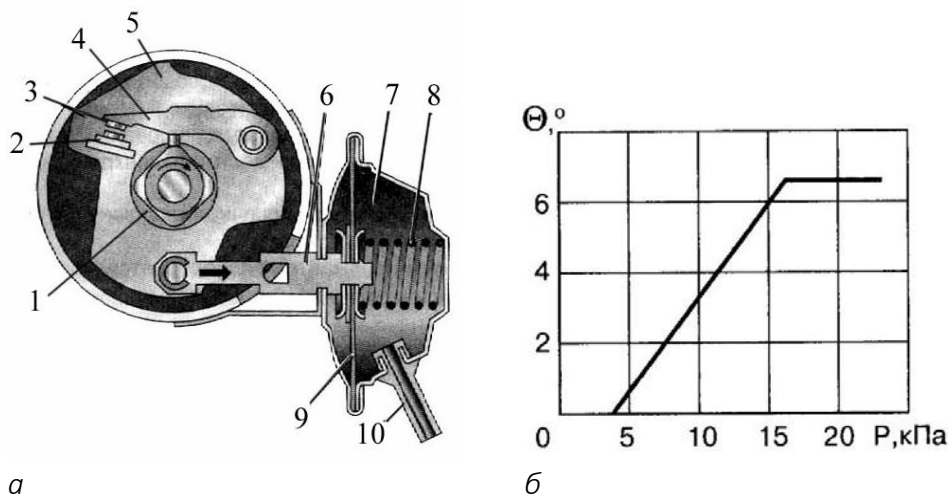
Пример зависимости угла опережения зажигания  $\Theta$ , устанавливаемого центробежным регулятором при изменении частоты вращения распределителя  $n_{рв}$ , представлен на рисунке 7.6, б. Ломаный характер зависимости определяется подбором жесткости пружины, массы и конфигурации грузиков. Максимальное значение  $\Theta$  обычно ограничивается упором и лежит в пределах  $15\text{--}20^\circ$  по углу поворота приводного вала распределителя (по углу поворота коленчатого вала это значение вдвое больше).

С увеличением нагрузки двигателя (т.е. с увеличением угла открытия дроссельной заслонки) наполнение цилиндров и давление в конце такта сжатия увеличивается, процесс сгорания ускоряется. Следовательно, с увеличением открытия дроссельной заслонки угол  $\Theta$  должен уменьшаться. Изменение угла опережения зажигания по нагрузке двигателя осуществляет вакуумный регулятор (в некоторых устройствах, например, P125, 30.3706-83, вакуумные регуляторы отсутствуют).

При работе двигателя во впускном коллекторе всегда возникает разрежение, значение которого зависит от сопротивления всего всасывающего тракта (воздушный фильтр, положение заслонок карбюратора, сечение, конфигурация, протяженность каналов впуска). При этом максимальная величина разрежения у впускных клапанов. Вакуумный регулятор опережения зажигания представляет собой камеру, разделенную диафрагмой, где с одной стороны диафрагмы в камеру подводится разрежение из впускного коллектора, а с другой – атмосферное давление (рисунк 7.7, а). При небольших открытиях дроссельной заслонки карбюратора (малая нагрузка) под действием разрежения гибкая мембрана (диафрагма) оттягивается и через шток (тягу) поворачивает подвижную пластину с контактным механизмом относительно кулачка в сторону увеличения угла опережения зажигания. По мере дальнейшего открытия дроссельной заслонки (увеличение нагрузки) разрежение уменьшается, и пружина отжимает диафрагму в исходное положение (угол опережения зажигания уменьшается). Максимальный угол опережения



зажигания по нагрузке также ограничивается упором и лежит в пределах  $7-12^\circ$  по углу поворота вала распределителя. Пример характеристики вакуумного автомата представлен на рисунке 7.7, б.



1 – кулачок; 2 – неподвижный контакт; 3 – подвижный контакт; 4 – рычажок прерывателя; 5 – подвижная пластина; 6 – тяга (шток); 7 – вакуумная камера; 8 – пружина; 9 – мембрана (диафрагма); 10 – патрубок для вакуумного шланга от карбюратора

Рисунок 7.7. – Конструктивное исполнение вакуумного регулятора опережения зажигания (а) и его характеристика (б)

Во всех прерывателях и датчиках-распределителях регуляторы опережения зажигания работают аналогично. При этом центробежный регулятор осуществляет поворот кулачка относительно валика. В датчиках-распределителях с магнитоэлектрическим датчиком центробежный регулятор угла опережения зажигания поворачивает втулку с расположенным на ней ротором датчика, а в распределителе с датчиком Холла поворачивается муфта с закрепленным на ней магнитным экраном (шторкой). Вакуумный регулятор поворачивает пластину с контактами прерывателя или с бесконтактным датчиком.

В реальной эксплуатации центробежный и вакуумный регуляторы работают совместно.

Кроме рассмотренных регуляторов в распределителях зажигания применяется еще октан-корректор. С помощью этого устройства распределитель устанавливается в такое положение, соответствующее октановому числу топлива, при котором не должно быть детонации (чрезвычайно быстрого сгорания рабочей смеси, подобного взрыву). Октан-корректор имеет шкалу

со знаками «+» и «-» для увеличения и уменьшения угла опережения и риски, соответствующие изменению угла опережения зажигания. При применении топлива с меньшим октановым числом корпус поворачивают в сторону уменьшения угла опережения зажигания.

### **Техническое состояние основных узлов распределителя зажигания и их обслуживание**

Работоспособность распределителя в системе зажигания определяется его состоянием. Для оценки технического состояния проводится осмотр крышки распределителя, ротора, контактов и других частей распределителя.

*Крышка распределителя.* Поверхность крышки распределителя должна содержаться в чистоте, т.к. из-за загрязнения или увлажнения поверхности крышки возникают условия, приводящие к утечке тока высокого напряжения между боковыми электродами. Стеkanie тока вызывает обугливание пластмассы крышки с уменьшением ее электрического сопротивления. Затем появляется поверхностный прожиг, выполняющий роль проводника, который становится причиной сбоев и отказов системы зажигания.

Благоприятные условия для стекания тока чаще складываются на внутренней поверхности крышки. Здесь «путь» от центрального угольного электрода до боковых электродов примерно в два раза короче, чем снаружи между центральным и боковыми выводами электродов. Искры, проскакивающие между наружным контактом ротора и боковыми электродами крышки, приводят к образованию в распределителе озона и паров кислот. В сочетании с конденсирующейся из воздуха влагой на внутренней поверхности образуется токопроводящий электролит. С целью уменьшения конденсации паров внутри крышки предусмотрена вентиляция полости корпуса распределителя через специальные небольшие отверстия в крышке распределителя и на дне корпуса.

Крышка датчиков-распределителей бесконтактных систем зажигания обычно увеличена в диаметре по сравнению с распределителями контактной системы, что предотвращает вероятность высоковольтного пробоя между электродами крышки. Крышки таких распределителей изготавливают из специальной высоковольтной пластмассы на основе полибутилентерефталатов.

Для поддержания крышки распределителя в должном состоянии рекомендуется производить протирку замшей (или другим материалом, не оставляющим волокон): сначала смоченной неэтилированным бензином, а затем (после высыхания бензина) сухой.

Почерневшая латунная клемма в отверстии крышки приводит к увеличению проходного сопротивления, а значит, к понижению вторичного напряжения. Если латунный контакт в отверстии крышки распределителя почернел, необходимо мелкой наждачной бумагой очистить клеммы и наконечники высоковольтных проводов.

Боковые электроды на внутренней стороне крышки распределителя также не должны быть загрязнены. При обслуживании электрооборудования их зачищают концом плоского надфиля.

Центральный угольный электрод проверяется на подвижность уголька в крышке. В случае заедания (зависания) уголька происходит образование зазора, что приводит к сгоранию угольного электрода и отказу системы зажигания.

*Ротор (бегунок).* При работе системы зажигания происходит нагрев резистора ротора. При этом возможно не только перегорание самого резистора, но и изменение электротехнических свойств пластмассы ротора. По мере окисления мест контакта торцов резистора их нагрев увеличивается. Особенно «опасной» является зона у наружного контакта. Постепенное обугливание пластмассы ротора и снижение ее электрического сопротивления приводит к пробоем импульса высокого напряжения на «массу» (на пластины, кулачок, валик распределителя и т.д.). Если снизу ротора у ребра обнаружено обугливание, его лучше заменить.

При обслуживании системы зажигания контакты ротора и резистора зачищаются. При зачистке контактов резистора необходимо иметь в виду, что вынимать его нужно осторожно с помощью крючка, согнутого из соответствующей проволоки. Резисторы, представляющие собой две фарфоровые трубочки с намотанным между ними тонким проводом и с двумя латунными наконечниками на концах, очень часто ломаются при извлечении их из углубления ротора.

Встречаются роторы, у которых центральный контакт соединен с дополнительным подвижным контактом, удерживаемым пружиной растяжения. Перемещается контакт центробежными силами, преодолевающими усилие пружины. Этот механизм не только ограничивает предельное вторичное напряжение при различных режимах, но и служит ограничителем числа

оборотов, осуществляя отключение системы зажигания при чрезмерной частоте вращения вала двигателя.

*Контакты прерывателя.* У прерывателя рекомендуется проверять состояние контактов, легкость вращения рычажка с подвижным контактом и упругость пружины. Оттянутый пальцем рычажок должен сразу возвращаться в исходное положение и контакты должны замыкаться со щелчком. При «вялом» замыкании контактов необходимо проверить натяжение пружины рычажка, которое должно быть 4,9–5,88 Н.

Ослабление пружины вызывает перебои искрообразования на высоких скоростях, а слишком большое усилие прижима влечет повышенный износ контактов, кулачка и пластмассового упора держателя контакта, что приводит к изменению характеристик (зажигание происходит с опережением). Если рычажок заедает на оси или ослабла его пружина, необходимо заменить стойку с контактами прерывателя.

Если контакты прерывателя загрязнены, пригорели или подверглись эрозии (перенос металла с одного контакта на другой), то повышается сопротивление первичной цепи системы зажигания. Поэтому при обслуживании их нужно зачистить надфилем и протереть материалом, не оставляющим волокон, смоченным бензином или растворителем.

Контакты должны соприкасаться между собой всей поверхностью. Если этого не происходит, то подгибают кронштейн стойки неподвижного контакта (обеспечивают параллельность контактов в замкнутом состоянии). Если нет соприкосновения контактов по высоте (смещение), осторожно подгибают рычажок подвижного контакта на участке от упора до контакта.

При изменении зазора между контактами (из-за непрерывной регулировки или износа элементов прерывателя) изменяется относительная замкнутость (влияющая на значение тока разрыва и, соответственно, вторичного напряжения  $U_{2\max}$ ) и угол опережения значения  $\Theta$ . Нормальные значения зазоров между контактами прерывателя приведены в таблице 7.2.

*Регуляторы опережения зажигания.* Нарушение нормальной работы центробежного регулятора вызывается чаще всего обрывом и уменьшением усилия натяжения пружин грузиков, в результате чего увеличивается угол опережения зажигания больше необходимой величины на малых и средних частотах вращения коленчатого вала двигателя.

Нарушение нормальной работы вакуумного регулятора вызывается потерей герметичности его вакуумной камеры, ослаблением пружины диафрагмы, заеданием подшипника между подвижным и неподвижным дисками прерывателя и ослаблением винтов крепления регулятора к корпусу прерывателя-распределителя. При потере герметичности происходит подсос воздуха внутрь регулятора, снижается разрежение в полости вакуумной камеры, и регулятор не изменяет угол опережения зажигания в необходимых пределах при изменении нагрузки двигателя. Ослабление пружины диафрагмы регулятора вследствие усталости или неправильной регулировки способствует увеличению угла опережения зажигания при малых и средних нагрузках двигателя.

Проверку работы и регулировку центробежного регулятора, проверку герметичности и регулировку вакуумного регулятора производят на специальных стендах типа СПЗ-8М, СПЗ-12, Э208, КИ968 и др.

*Конденсатор.* Емкость конденсатора должна находиться в определенных пределах (см. таблицу 7.2). При уменьшении емкости конденсатора, которое может произойти при пробое его диэлектрика без замыкания обкладок, увеличивается искрение между контактами прерывателя, снижается скорость исчезновения тока низкого напряжения в момент размыкания контактов, и уменьшается напряжение во вторичной цепи. Выход конденсатора из строя приведет к неработоспособности данной системы зажигания.

### **Обозначение распределителя зажигания**

Ранее распределитель зажигания обозначался буквой «Р», номером модели и ее модификацией. Например, Р119-Б. В настоящее время используется цифровое обозначение вида ХХХХ.3706, где первые две цифры соответствуют номеру модели, третья цифра – модификации, а четвертая – исполнению (в некоторых случаях третья и четвертая цифры могут отсутствовать). В ряде случаев модификация обозначается через дефис. Так 30.3706 – это распределитель зажигания 30 модели, а 30.3706-10 – его разновидность (с более коротким валиком)

### **Технические характеристики распределителей зажигания**

Технические данные отечественных распределителей зажигания приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

P118, 47.3706	30.3706	38.3706	40.3706
Прерыватель	Прерыватель	датчик	датчик
0,35..0,45	0.35..0,45	–	–
46..50	52..58	–	–
500..700	500..600	–	–
0,17..0,25	0,20..0,25	–	–
0..1,75/900 1,75..3,5/1200 4,75..6,5/1700 6,75..8,5/2300 8,5..10,5/2500	0..1/400 3..5/700 8..10/1100 9,5..11,5/1400 14,5..16,5/2500	0..1/400 3..5/700 8..10/1100 9,5..11,5/1400 14,5..16,5/2500	0..5/500 3,2..5,3/1100 5,5..7,5/1300 8,3..10,3 /2000 11..13/2800
0..2,5/0,013 3,5..6/0,015	0..2/0,011 1..3/0,013	0..2/0,011 1..3/0,013	0..2/0,015 3,2..5,3/0,02
3000	3000	3000	3500
АЗЛК21412, ИЖ-2715	ВАЗ-2101/07, -21	ВАЗ-2106, 07, -21, АЗЛК-2141	ВАЗ-2108, 09

Распределитель зажигания	P119-Б
Тип распределителя зажигания	Прерыватель
Зазор между контактами прерывателя, мм	0,35..0,45
Угол замкнутого состояния контактов, град	48..52
Натяжение пружины подвижного контакта, Н	4,9–5,88
Емкость конденсатора, мкф	0,17..0,25
Угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения вала распределителя, град / (об/мин)	0..0,5/300 0,5..2/500 5..7/1200 8..9,5/1950
Угол опережения зажигания в зависимости от разрежения во впускном трубопроводе, град /Па	0..2/110 2..5/140
Максимальная частота вращения вала прерывателя, обеспечивающая бесперебойное искрообразование, об/мин	2200
Применяемость	ГАЗ-24, УАЗ-469

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение распределителя зажигания?
2. Как устроен распределитель зажигания?
3. По каким конструктивным характеристикам различаются распределители зажигания?
4. В какой последовательности распределитель зажигания подключает свечи зажигания?
5. Как высокое напряжение передается от катушки зажигания к свечам зажигания?

6. Каково назначение ... (часть распределителя зажигания), и какую функцию она выполняет?
7. Какую роль выполняет прерыватель, в какой цепи (высокого или низкого напряжения) он находится?
8. За счет чего и как происходит размыкание (замыкание) клемм прерывателя напряжения?
9. Как регулируется зазор прерывателя напряжения?
10. Какую роль выполняет конденсатор в цепи прерывателя? Что произойдет, если конденсатор выйдет из строя?
11. Как устроен и работает центробежный регулятор?
12. Как устроен и работает вакуумный регулятор?
13. Какие факторы обуславливают выбор распределителя зажигания для конкретного двигателя?

### Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Тимофеев, Ю.Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей / Ю.Л. Тимофеев, Г.Л. Тимофеев, Н.М. Ильин. – 4-е изд., стер. – М. : Транспорт, 1998. – 301 с.
4. Пятков, К.Б. Электрооборудование автомобилей ВАЗ 2106, 2103 и их модификаций: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1999. – 54 с.

## Лабораторная работа 8

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ФАР АВТОМОБИЛЯ

**Цель работы:** изучить конструкцию и назначение основных частей фар автомобиля, технологию разборки и сборки фар, оценить техническое состояние основных узлов и элементов исследуемых фар ближнего и дальнего света автомобиля, ознакомиться с типами ламп, их характеристиками, конструкциями фар и фонарей.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
    - ознакомиться с назначением фар и фонарей автомобиля и принципом их работы;
    - изучить устройство фары автомобиля и назначение её узлов и элементов;
    - ознакомиться с основными техническими характеристиками современных ламп автомобиля;
    - изучить технологию разборки и сборки фары головного освещения.
  - 1.2. В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
  - 1.3. Подготовить таблицу оценки технического состояния узлов фары по образцу, приведенному в руководстве по выполнению лабораторной работы.
2. Работа в лаборатории.
  - 2.1. Получить у преподавателя или дежурного лаборанта набор инструментов, необходимых для разборки и сборки исследуемых фар автомобиля.
  - 2.2. Определить тип, назначения и основные характеристики фары, предназначенной для разборки.
  - 2.3. Разобрать фару в такой последовательности:



— Отвернуть три винта внутреннего обода крепления оптического элемента (рисунок 8.2).

— Отвести оптический элемент.

— Освободить узел крепления лампы и вынуть лампу из цоколя.

2.4. Определить тип лампы и ее цоколя.

2.5. Изучить конструкцию ламподдержателя.

2.6. Начертить эскизы узлов ламподдержателя.

2.7. Оценить техническое состояние корпуса фары. Для чего:

— Провести визуальный контроль корпуса и соединительных проводов фары автомобиля.

— Осмотреть лампу фары и проверить, нет ли нагара на ее контактах.

2.8. Оценить техническое состояние оптического элемента. Для чего:

— Проверить целостность стекла, отсутствие трещин и сколов.

— Проверить в местах крепления отсутствие заусенцев и надломов.

2.9. Оценить техническое состояние лампы фары. Для чего:

— Визуально проверить целостность нити накаливания.

— Проверить работоспособность лампы, для чего протестировать с помощью омметра нить накаливания на обрыв.

— Проверить замыкание цоколя лампы на корпус. Для этого измерить омметром сопротивление между цоколем и корпусом – оно должно быть не менее 10 кОм.

2.10. Результаты оценки технического состояния узлов и элементов фары занести в таблицу 8.1 (согласно приведенному образцу), и сделать заключение.

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование	Описание технического состояния узла или элемента	Заключение
1	<i>Оптический элемент</i>	<i>– Рабочая поверхность ровная, не имеет следов черноты и сколов; – ...</i>	<i>Пригоден к дальнейшей эксплуатации</i>
2	<i>Корпус фары</i>	.....	
3	<i>Лампа</i>	.....	

2.11. Собрать фару и провести ее визуальный осмотр.

3. По результатам проделанной работы сделать обобщенные выводы и оформить отчет.

### Теоретическая часть

Система освещения и световой сигнализации предназначена для освещения дороги при движении в ночное время суток, рабочих органов на специальных (дорожных, строительных, сельскохозяйственных и т. п.) машинах, передачи информации о габаритах автомобиля или трактора, предполагаемом или совершаемом маневре, для освещения номерного знака, кабины, салона кузова, щитка приборов, багажника, подкапотного пространства и т.п.

При высоких скоростях движения ночью необходимо освещать дорогу перед автомобилем на расстоянии 50–250 м.

Эта проблема решается установкой на автомобилях и других транспортных средствах фар головного освещения с параболическими отражателями света.

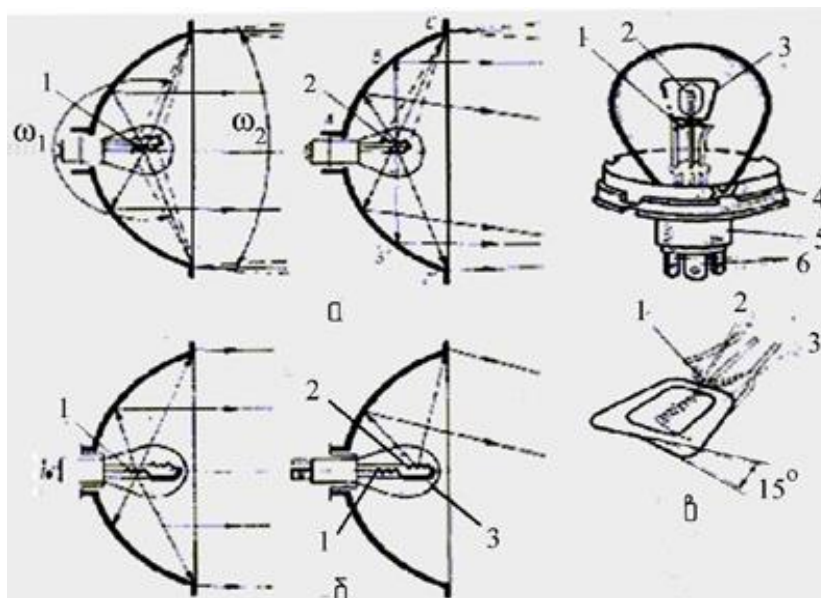
Отраженные от отражателя лучи идут узким пучком параллельно оптической оси, если в фокусе отражателя помещен точечный источник света. Нить накала лампы для фар имеет конечные размеры. Поверхность отражателя не имеет точной математической формы параболической. Поэтому в фарах отраженные лучи представляют собой слабо расходящийся пучок (рисунок 8.1).

Световой поток источника света распространяется в пределах телесного угла, равного  $4\pi$ . На отражатель падает световой поток, расходящийся в телесном угле  $\omega_1$  после отражения этот поток концентрируется в малом телесном угле  $\omega_2$ . Световой поток равен произведению средней силы света в заданном телесном угле на значение этого угла.

Даже при некотором уменьшении отраженного светового потока, обусловленного потерями на отражение, концентрация пучка отраженных лучей в малом телесном угле  $\omega_2$  позволяет во много раз увеличить силу света в нем по сравнению с силой света нити накала лампы.

Фары автомобиля должны удовлетворять двум противоречивым требованиям:

- обеспечивать достаточную освещенность дороги и находящихся на ней объектов на расстоянии не менее 100 м;
- не ослеплять водителей встречного транспорта.



*а-с* – американской системой светораспределения; *б* – с европейской системой светораспределения; *в* – лампа для фары с европейской системой светораспределения; 1 – нить дальнего света; 2 – нить ближнего света; 3 – экран; 4 – фланец; 5 – цоколь; 6 – выводы штекерные

Рисунок 8.1. – Оптические системы фар головного освещения

Ослепление водителей светом фар при встречном разъезде транспорта является серьезной проблемой, связанной с обеспечением безопасности движения. В настоящее время эта проблема решается путем использования двухрежимных систем головного освещения с дальним и ближним светом.

Термином «дальний свет» обозначают световой пучок фары или комплекта фар, предназначенный для освещения дороги перед транспортным средством при отсутствии встречного транспорта. Ближним светом является световой пучок фары или комплекта фар, обеспечивающий освещение дороги перед транспортным средством при движении в городах или разъезде со встречным транспортом на автодорогах.

Распределение света на дороге зависит от конструкции оптического элемента и лампы.

Современные автомобили оборудованы в основном круглыми и прямоугольными головными фарами с американской и европейской асимметричными системами светораспределения. Асимметричный свет обеспечивает лучшую освещенность той стороны дороги, по которой движется автомобиль и уменьшает степень ослепления водителей встречного транспорта. Снижение степени ослепления при встречном разъезде транспорта обеспечивается применением в фарах двухнитевых ламп.

В лампах фар с американской системой светораспределения нить накала дальнего света (обычно дугообразной формы) расположена в фокусе отражателя; по отношению к ней нить накала ближнего света (цилиндрической формы) смещена несколько вверх и вправо (если смотреть на отражатель со стороны светового отверстия).

Расфокусировка нити ближнего света разделяет пучок отраженных лучей на две основные части. Одна часть светового пучка, отраженная от внутренней части отражателя (на стороне вершины параболоида А) до фокальной плоскости ВВ' направлена вправо и вниз относительно оптической оси фары. Другая часть светового пучка, отраженная от внешней части отражателя между фокальной плоскостью и кромкой выходного отверстия СС', направлена влево и вверх и попадает в зону расположения глаз водителя встречного транспорта.

Световой пучок в американской системе распределения ближнего света размыт, четкой светотеневой границы нет. Увеличение угла рассеивания отраженного светового потока вызывает необходимость вторичного светораспределения рассеивателем со сложной системой микроэлементов. Для уменьшения светового потока лучей, отраженных вверх и вправо от оптической оси, применяют отражатели с меньшей глубиной (с меньшим телесным углом  $\omega_1$ ).

Фары с европейской системой светораспределения ближнего света создают четко выраженную светотеневую границу. Нить дальнего света имеет дугообразную форму и располагается в фокусе отражателя. Нить ближнего света цилиндрической формы выдвинута вперед и расположена чуть выше и параллельно оптической оси. Лучи от нити ближнего света, попадающие на верхнюю половину параболоидного отражателя, отражаются вниз, освещая близлежащие участки дороги перед автомобилем. Светотеневую границу создает экран, расположенный под нитью ближнего света.

Непрозрачный экран исключает попадание световых лучей на нижнюю полусферу отражателя, поэтому траектория движения глаз водителя встречного транспорта находится в теневой зоне. Одна сторона экрана отогнута вниз на угол  $15^\circ$ , что позволяет увеличить активную поверхность левой половины отражателя и освещенность правой обочины и полосы движения автомобиля.

Европейская система светораспределения по сравнению с американской хорошо освещает правую часть дороги, обочину и вызывает меньшее слепящее воздействие на водителей встречного транспорта. При движении автомобиля по неровной дороге колебания светотеневой границы быстро

утомляют зрение водителя. Американская система с размытым световым пучком ближнего света менее чувствительна к неровностям дороги. При встречном разъезде автомобилей с различными системами распределения ближнего света водители автомобилей с фарами европейского типа испытывают ослепление в большей степени.

На автомобилях применяются двух- и четырехфарные системы головного освещения. При двухфарной системе каждая фара создает дальний и ближний свет, что усложняет конструкцию рассеивателя. В четырехфарной системе две внутренние фары с одностековыми лампами создают только дальний свет. Другие две фары, располагаемые ближе к плоскостям бокового габарита автомобиля, имеют двухнитевые лампы и обеспечивают ближний свет при встречном разъезде автомобилей и дальний, совместно с внутренними фарами при отсутствии встречного транспорта. Рациональное распределение ближнего и дальнего света по отдельным фарам позволяет рассчитать оптическую систему на определенный режим работы. Однако четырехфарная система имеет большую стоимость.

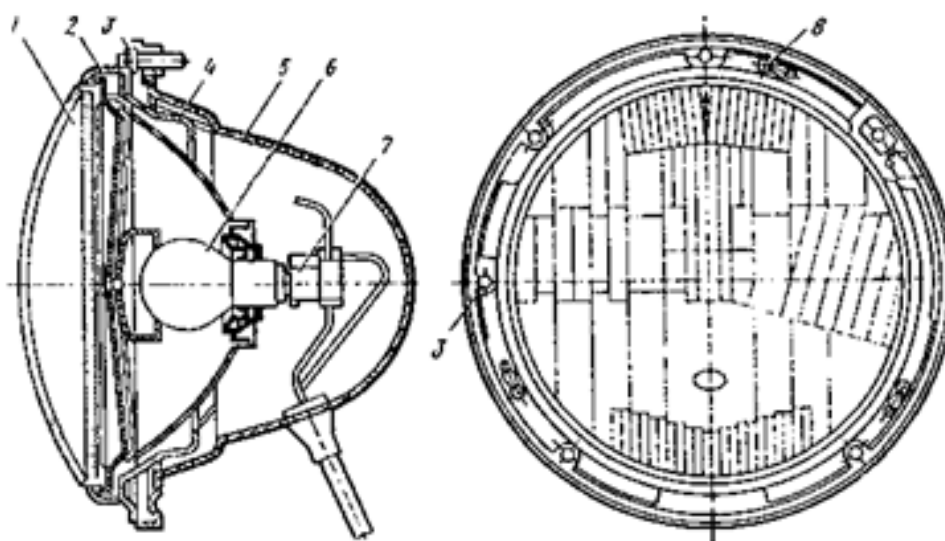
Помимо обязательных фар головного освещения с дальним и ближним светом на автомобилях могут быть установлены противотуманные фары, фары-прожекторы и фары рабочего освещения.

Противотуманные фары используются при движении в тумане, при большой запыленности воздуха и во время снегопада. Они отличаются специальным светораспределением и низким по отношению к дорожному полотну расположением. Рассеяние противотуманных фар увеличено в горизонтальной и ограничено в вертикальных плоскостях. Рассеивающее действие туманной среды на световой поток противотуманных фар ограничивается благодаря уменьшению длины пути световых лучей. Световой пучок противотуманной фары должен иметь резкую светотеневую границу в горизонтальной плоскости оптической оси, чтобы не освещать частицы тумана и пыли, находящиеся выше этой плоскости.

Прямоугольные фары имеют параболический отражатель, срезанный снизу и сверху горизонтальными плоскостями. Увеличение светового отверстия в горизонтальной плоскости позволяет обеспечить лучшее освещение дороги на большом расстоянии. Прямоугольные фары проще разместить в передней части автомобиля между капотом и бампером.

Наибольшее распространение в России получили круглые фары ФГ-122 с американской системой светораспределения и фары ФГ-140 с европейской системой светораспределения.

Корпус фары ФГ-140 (рисунок 8.2) изготовлен из листовой стали методом штамповки. Поверхность корпуса покрыта несколькими слоями стойкого лака. На ребра внутренней части корпуса своей тыльной стороной ложится установочное кольцо, которое прижимается к корпусу пружиной. По периферии установочного кольца предусмотрены пазы, в которые входят головки регулировочных винтов. Винты ввертываются в гайки, закрепленные на корпусе, обеспечивая необходимую регулировку направления светового пучка фары в горизонтальной и вертикальной плоскостях.



1 – оптический элемент; 2 – ободок; 3 – регулировочные винты; 4 – держатель;  
5 – корпус; 6 – источник света; 7 – токопроводящая колодка;  
8 – винты крепления ободка

Рисунок 8.2. – Устройство круглой фары

Лицевая сторона установочного кольца служит привалочной плоскостью для оптического элемента. Оптический элемент крепится к кольцу тремя винтами с помощью внутреннего ободка. Для фиксации оптического элемента в определенном положении установочное кольцо имеет три несимметрично расположенных окна.

Оптический элемент объединяет в себе параболоидный отражатель и рассеиватель. Отражатели полуразборных и склеенных металлоглазанных оптических элементов фар изготавливают штамповкой из стального листа или ленты с последующим нанесением алюминиевого отражающего покрытия. Окисление алюминированной поверхности предотвращается тонким слоем лака. Алюминированная поверхность отражает до 90% падающего на нее света.

Рассеиватели окончательно формируют выходящий из фары световой пучок. Они представляют собой сложную составную стеклянную линзу с многочисленными преломляющими элементами. Рассеиватели изготавливают прессовкой из стекломассы.

Применяются также цельностеклянные оптические элементы (лампы-фары). Внутренняя поверхность стеклянного алюминированного отражателя полностью защищена от внешних воздействий и обеспечивает стабильность светотехнических характеристик фары в течение всего срока службы.

Оптический элемент подключается к системе электрооборудования проводами, проходящими в корпус фары через уплотняющую втулку. Внутри корпуса провода присоединяются к трехконтактному соединителю со стандартизированным расположением контактов.

В фаре ФГ-122 применяется оптический элемент с двухнитевой лампой. В оптический элемент фары ФГ-140 с обратной стороны отражателя установлена лампа с унифицированным фланцевым цоколем P45L. Ступенчатый фланец напаян на цоколь диаметром 22 мм. Фланец имеет две базовые опорные поверхности, позволяющие применять лампы для отражателей с двумя фокусными расстояниями 22 и 27 мм. Выводы лампы выполнены в виде прямоугольных штекерных пластин, на которые надет соединитель.

### **Современные лампы, их обозначение и классификация**

Выпускаемые отечественной промышленностью автомобильные лампы имеют обозначения, характеризующие область их применения. В обозначение входит буква А (автомобильная), номинальное напряжение (6, 12 или 24 В) и мощности (в Вт) нитей дальнего и ближнего света (например, А12–45+40). Значения мощности следуют одно за другим через знак «+». К перечисленным составляющим обозначения лампы может быть добавлена цифра для указания модификации типа.

Световая отдача автомобильных ламп составляет 14–18 лм/Вт при сроке службы 125–200 ч. Увеличить яркость и световую отдачу ламп накаливания можно за счет повышения температуры вольфрамовой нити. Однако при температуре свыше 2300–2400 °С вольфрам интенсивно испаряется и нить быстро перегорает. Испаряющийся вольфрам оседает на стенках стеклянной колбы и затемняет ее.


Рабочая температура нити, составляющая 2700–2900 °С, достигается в лампах с галогенным циклом, что обеспечивает их повышенную (на 50–60%) световую отдачу. Колба галогенной лампы заполнена инертным газом и небольшим количеством паров йода. Частицы вольфрама,

осевшие на стенках колбы после испарения с нити накаливания, соединяются с парами йода и образуют йодистый вольфрам. При температуре колбы из кварцевого стекла 600–700 °С йодистый вольфрам испаряется и диффундирует в зону высокой температуры вокруг нити накала, распадается на вольфрам и йод. Вольфрам оседает на нить, а пары йода остаются в газовом пространстве колбы, участвуя в дальнейшей реализации йодного цикла. Отечественной промышленностью освоен выпуск галогенных ламп для автомобильных фар типов Н1, Н3 и Н4 с маркой АКГ (автомобильная кварцевая галогенная).

Большая часть типов ламп, предназначенных для приборов освещения автомобиля, разработана для использования с определенным цоколем. Некоторые лампы имеют идентичные цоколи, однако различия в мощности бывают настолько существенны, что неправильная установка нежелательна. Световая отдача показывает уровень фотометрического КПД лампы и является одним из основных параметров лампы. Для ламп без галогенного эффекта светоотдача находится в пределах 10-18 лм/Вт. Более высокую светоотдачу (22–26 лм/Вт) имеют лампы Н7, НS1 и НS2. Ввиду того, что галогенный эффект предотвращает потемнение, поверхность лампы остается чистой в течение всего срока работы нити накала. Газоразрядная лампа DS2 («Litron») обеспечивает уровень световойдачи порядка 85 лм/Вт в целях существенного улучшения характеристик ближнего света фар.






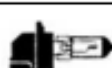




Технические характеристики современных ламп, систем освещения и сигнализации представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.2


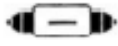
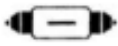

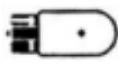




Применение	Категория	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм	Основной тип	Изображение
1	2	3	4	5	6	7
Дальний- ближний свет	R2	6 12 24	45/40 <sup>1)</sup> 45/40 55/50	600(min) 400-550 <sup>1)</sup>	P 45 t - 41	



Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6	7
Противотуманные фары, дополнительные фары при управлении автомобилем, ближний-дальний свет для четырехфарных систем	H1	6 12 24	55 55 70	1350 <sup>2)</sup> 1550 1900	P14,5 e	
Дальний свет, ближний свет фар во Франции	H2	6 12 24	55 55 70	1300 <sup>2)</sup> 1800 2150	X511	
Противотуманная фара, дополнительная фара	H3	6 12 24	55 55 70	1050 <sup>2)</sup> 1450 1750	PK 22 <sub>s</sub>	
Дальний-ближний свет фар	H4	12 24	60/55 75/70	1650 1000 <sup>1),2)</sup> 1900/1200	P 43 t - 38	
Дальний-ближний свет фар для четырехфарных систем, противотуманная фара (с 1992г.)	H7	12	55	1500 <sup>2)</sup>	PX 26 d	
Ближний свет для систем с четырьмя фарами	HВ4	12	55	1100	P 22 d	
Дальний свет для систем с четырьмя фарами	HВ3	12	60	1900	P 20 d	
Сигнал торможения, проблесковый сигнал, задний противотуманный фонарь, фонарь заднего хода	P 21 W PY 21 W <sup>7)</sup>	16 12 24	21	460 <sup>3)</sup>	BA 15 s	
Сигнал торможения	P 21/5 W PY 21 W <sup>7)</sup>	6 12 24	21/5 4) 21/5 21/5	440/35 3),4) 440/35 440/40 3)	BAY 15 d	
Передний и задний габаритные фонари	R 5 W	6 12 24	5	50 3)	BA 15 s	

Окончание таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6	7
Задний габаритный фонарь	R 10 W	6 12 24	10	1253)	BA 15 s	
Лампа подсветки номерного знака, задний габаритный фонарь	C 5 W	6 12 24	5	45 3)	SV 8,5	
Лампа заднего хода	C 21 W	12	21	460 3)	SV 8,5	
Передний габаритный фонарь	T 4 W	6 12 24	4	35 3)	BA 9 s	
Передний габаритный фонарь, лампа освещения номерного знака	W 5 W	6 12 24	5	50 3)	W2,1 x 9,5d	
Передний габаритный фонарь, лампа освещения номерного знака	W 3 W	6 12 24	3	22 <sup>3)</sup>	W2,1 x 9,5d	
Ближний свет фар для четырехфазной системы (начиная с 1991г.)	D1S <sup>5)</sup>	85 12 <sup>6)</sup>	35 Приблиз. 40 <sup>6)</sup>	3200	PK 32d - 2	
Ближний свет фар для четырехфазной системы (начиная с 1994г.)	D2S <sup>5)</sup>	85 12 <sup>6)</sup>	35 Приблиз. 40 <sup>6)</sup>	3200	P 32d - 2	
Ближний свет фар для четырехфазной системы (начиная с 1996г.)	D2R <sup>5)</sup>	85 12 <sup>6)</sup>	35 Приблиз. 40 <sup>6)</sup>	2800	P 32d - 3	

- 1) Газоразрядные лампы: стандарт еще не определен;
- 2) С балластным сопротивлением;
- 3) Версия желтого света.

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение фар автомобиля?
2. Что такое фокусное расстояние отражателя фары?
3. Каково назначение (отражателя, экрана, линзы), и какую функцию этот узел (элемент) выполняет?

4. Что такое однофокусные и многофокусные отражатели?
5. Каковы основные характеристики ламп, которые используются в автомобилях?
6. Какие факторы обуславливают выбор конструкций фар ближнего и дальнего света автомобилей?
7. Дайте характеристику ламп освещения автомобилей по правилам ЕЭКР37 и МЭК 809-85.
8. Почему необходима двухрежимная работа фар головного освещения автомобиля?

### Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Автомобильный справочник : [пер. с англ.]. – М. : За рулем, 1999. – 896 с.

## Лабораторная работа 9

### УСТРОЙСТВО, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРОВОДОВ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

#### Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство и основные характеристики автомобильных проводов; оценить техническое состояние исследуемых проводов и определить область их возможного применения.

2. Изучить назначение, устройство и основные характеристики автомобильных предохранителей; оценить работоспособность исследуемых предохранителей.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.

1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:

– ознакомиться с назначением автомобильных проводов и предохранителей;

– изучить устройство и основные характеристики автомобильных проводов и предохранителей.

1.2. В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.

1.3. Подготовить таблицу оценки технического состояния исследуемых проводов и предохранителей по образцу, приведенному в руководстве по выполнению лабораторной работы.

2. Работа в лаборатории.

2.1. Для более детального изучения электрических соединений в автомобиле и цепей, защищаемых предохранителями, ознакомиться с демонстрационными плакатами.

2.2. Получить у преподавателя или дежурного лаборанта набор инструментов (линейка, микрометр), образцы проводов и предохранители.

2.3. Оценить техническое состояние провода высокого напряжения. Для чего выполнить следующее.

- Определить тип провода (по материалу проводника и изоляции).
- Осмотреть провод и оценить его состояние.
- Для реактивного провода (с помощью омметра и линейки) определить распределенное сопротивление проводника (в кОм/м). Сделать вывод возможных условиях применения данного провода.

2.4. Оценить техническое состояние провода низкого напряжения. Для чего выполнить следующее.

- Определить материал проводника и тип (одножильный провод или многожильный).

- С помощью микрометра измерить диаметр  $d$  одной жилы многожильного провода. Подсчитать количество жил  $N$  в составе проводника и рассчитать площадь сечения проводника ( $N \cdot S_1$ , где  $S_1 = \pi d^2/4$ ).

- Измерить общий диаметр всех жил и рассчитать площадь сечения проводящей части провода  $S_2$ . Определить коэффициент заполнения проводящей части провода проводником по формуле:  $k_{\text{зап}} = S_1/S_2$ .

- С помощью приведенных в методическом материале таблиц определить для исследуемого провода допустимую токовую нагрузку.

- Осмотреть изоляцию провода. Оценить ее состояние.
- Определить материал изоляции и ее толщину.
- Сделать вывод о возможных условиях применения данного провода.

2.5. Результаты оценки технического состояния проводов занести в таблицу 9.1 (согласно приведенному образцу) и сделать заключение.

Таблица 9.1

№	Наименование	Описание технического состояния	Заключение
1	Провод №2	Одножильный, медный Изоляция – полихлорвиниловая Диаметр проводника: ... мм Доп. нагрузка по току: ... А...	Возможное применение: цепи питания низкого напряжения с токовой нагрузкой до А... (например, цепь)

2.6. Оценить техническое состояние предохранителя. Для чего:

- Осмотреть исследуемый предохранитель.
- С помощью омметра измерить его сопротивление.
- Сделать вывод о пригодности исследуемого предохранителя.

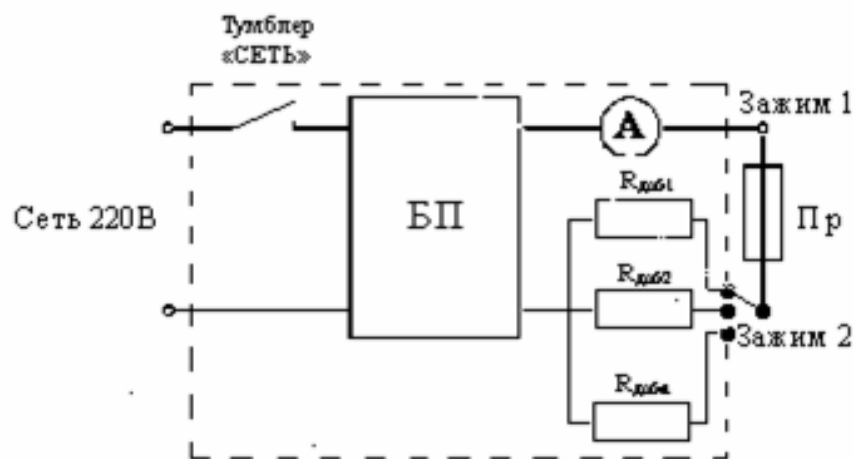
Результаты оценки технического состояния предохранителей занести в таблицу 9.2 (согласно приведенному образцу).

Таблица 9.2

№	Наименование	Описание технического состояния	Заключение
1	Предохранитель №4	Плавкий, стержневого типа Внешнее состояние удовлетворительное (требуется зачистка контактов)	Пригоден для применения.

2.7. Провести исследование плавкого и термобиметаллического предохранителей. Для этого поочередно выполнить следующие действия:

– Поставить исследуемый плавкий предохранитель Пр в зажимы лабораторной установки (рисунок 9.1).



БП – блок питания

Рисунок 9.1. – Экспериментальная установка для исследования предохранителей

– Подключить соответствующее току  $1,5I_N$  добавочное сопротивление  $R_{доб}$ . Включить тумблер «СЕТЬ» и, контролируя время и показание амперметра, проверить, что в течении 2–3 мин не должно произойти перегорание предохранителя, после чего выключить тумблер.

– Подключить соответствующее току  $2I_N$  добавочное сопротивление  $R_{доб}$ . Включить тумблер «СЕТЬ» и, контролируя показание амперметра,

измерить время, в течение которого происходит перегорание предохранителя. Выключить тумблер.

– Сравнить полученное экспериментально значение времени срабатывания предохранителя с паспортным значением или определенным по графику рисунка 9.3.

2.8. По результатам проделанной работы оформить отчет.

## Теоретическая часть

Передача электроэнергии на автомобиле от источников к приемникам осуществляется по электрической сети. Основными ее элементами являются соединительные провода, разъемы, предохранители и коммутационная аппаратура.

### Автомобильные провода

На большинстве легковых автомобилях применяется однопроводная система передачи электроэнергии с общим соединением на «массу» (кузов) автомобиля, двухпроводным включением обеспечены лишь отдельные потребители, например, стояночные огни, звуковые сигналы.

Автомобильные провода подразделяются на провода высокого напряжения и провода низкого напряжения.

*Провода высокого напряжения* применяются во вторичной цепи системы зажигания. Высоковольтные провода подразделяются на обычные с металлическим центральным проводником и специальные с распределенными параметрами, обеспечивающие подавление радиопомех.

Провода с металлическим центральным электродом ПВВ, ПВРВ ППОВ и ПВЗС имеют изоляцию из поливинилхлорида, резины и полиэтилена, поверх которой у провода ПВРВ, ППОВ и ПВЗС надета оболочка повышенной бензостойкости. Эти провода обладают низким сопротивлением центральной жилы ( $18\text{--}19 \cdot 10^{-3}$  Ом/м), рассчитаны на максимальное рабочее напряжение 15–25 кВ и могут применяться только в комплекте с помехоподавительными резисторами.

Недостатком резистивного провода является трудность обеспечения постоянного надежного контакта токопроводящего сердечника с наконечником свечи зажигания. Поэтому большее применение нашли реактивные провода с активным, емкостным и индуктивным распределенным сопротивлением переменному току. Резистивный провод имеет токопроводящую жилу

из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной сажевым раствором в хлопчатобумажной или капроновой оплетке. Провод ПВВО такого типа обладает сопротивлением 15–40 кОм/м и рассчитан на максимальное рабочее напряжение 15 кВ.

Реактивные провода марки ПВВП имеют центральную льняную нить, на которую нанесен слой ферропласта, в состав которого входят марганецникелевые и никель-цинковые порошки. Поверх ферропластового сердечника наматывается токопроводящая железоникелевая проволока (диаметром 0,11 мм, по 30 витков на 1 см). Сверху провод изолирован поливинилхлоридной изоляцией. Поглощение радиопомех происходит в проводнике и диэлектрике ферропластового слоя. Провод ПВВП выпускается диаметром 7,2 мм и 8 мм, соответственно, на рабочее напряжение 25 кВ и 40 кВ и имеет сопротивление 2 кОм/м. Установленный на автомобилях ВАЗ такой провод ПВВП-8 отличается красным цветом.

Провода ПВППВ и ПВППВ-40 имеют аналогичную конструкцию и отличаются только применяемыми в них материалами.

Для бесконтактных систем зажигания автомобилей ВАЗ применяется провод синего цвета ПВВП-40 с силиконовой изоляцией с сопротивлением 2,55 кОм/м и рабочим напряжением до 40 кВ. Зарубежные провода имеют из-за повышенных требований по помехоподавлению более высокие значения распределенного сопротивления.

Высоковольтные провода должны быть чистыми, иначе снаружи может образоваться токопроводящий слой грязи, который будет уменьшать максимальное напряжение во вторичной цепи системы зажигания.

Большое значение имеет жесткость проводов. Чем провода жестче (особенно при низких температурах), тем быстрее ослабляются их контакты в соединениях.

В системах зажигания высокой энергии высоковольтные провода нельзя прокладывать в одном жгуте с другими проводами.

*Провода низкого напряжения* применяются для соединений в бортовой сети и состоят из медных токопроводящих жил с изоляцией из поливинилхлоридного пластика или резины. Жилы выполняются из луженой или нелуженой медной проволоки, обладающей высокой электропроводностью, эластичностью и технологически просто соединяемой с наконечниками, штекерами и т.п.

Провода могут иметь бронированную изоляцию для защиты от механических повреждений и экранирующую оплетку для снижения уровня радиопомех на автомобиле.



Одножильные гибкие провода ПВА, ПВАЭ (экранированный) и ВАЛ (с луженой жилой) рекомендуются к использованию в жгутах, работающих при температуре от -40 до +105 °С.

Для температурного диапазона от -50 до +80 °С предназначены провода ПГВА, ПГВАД (двухжильный), ПГВАЭ (экранированный) и ПГВАБ (бронированный). Провода ПГВА-ХЛ устанавливаются на автомобилях, эксплуатирующихся в районах с холодным климатом. Их температурный диапазон: от -60 до +70 °С.

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

На грузовых автомобилях в электрических цепях используется кабель КГВВА.

Сечение жилы в мм<sup>2</sup> автомобильных проводов соответствует ряду 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95. Толщина изоляции составляет от 0,35 мм (сечение 0,5 мм<sup>2</sup>) до 1,6 мм (95 мм<sup>2</sup>).

Провода перед установкой на автомобиль собираются в жгуты, представляющие собой законченное электротехническое изделие, содержащее, кроме проводов, их наконечники, резиновые защитные колпачки, оплетку и т.п. Длина проводов в жгуте должна быть не менее 100 мм, ответвлений – не менее 50 мм. Перспективными являются плоские жгуты, в которых провода прикреплены к основе методом тепловой сварки. Такие жгуты шириной до 60 мм пользуются, в частности, на автомобилях семейства ВАЗ-2108.

Сечение провода в жгуте выбирается, исходя из их тепловой нагрузки, определяемой температурой окружающей среды, числом проводов в жгуте, тепловой нагрузкой провода и конструкцией жгута. Нормы допустимых токовых нагрузок отечественных жгутов традиционной конструкции представлены в таблице 9.3, а плоских жгутов при прокладке провода в один слой – в таблице 9.4.

На автомобилях ВАЗ-2103/09 применяются провода с сечением жил: 16; 6; 4; 2,5; 1,5, 1 и 0,75 мм<sup>2</sup>. Проводами сечением 16 мм<sup>2</sup> соединяют с «массой» аккумуляторную батарею и двигатель, а также стартер с аккумуляторной батареей. Аккумуляторная батарея и генератор соединяются проводами сечением 6 мм<sup>2</sup>.

Провода подключаются к узлам электрооборудования и соединяются между собой с помощью быстроразъемных штекерных соединений. Исключением, обычно, является присоединение проводов к аккумуляторной батарее,

к зажиму «30» генератора, к силовому болту стартера и к выводам низкого напряжения катушки зажигания. У этих ответственных соединений наконечники проводов зажимаются гайками для максимальной надежности соединений.

Таблица 9.3. – Допустимая токовая нагрузка для сборных жгутов

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

Таблица 9.4. – Допустимая токовая нагрузка для плоских жгутов

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

Для удобства работы с электропроводкой автомобиля провода, присоединяемые к разным группам цепей, имеют определенный цвет. Применение цветных проводов на автомобиле подчиняется определенным правилам. Сплошная расцветка выполняется в 10 цветов, комбинированная – дополнительно на цветную расцветку наносятся полосы или кольца белого, черного, красного или голубого цвета. Все соединения изделий с корпусом автомобиля («массой») должны выполняться проводами одного цвета. Провод, соединяющий коммутирующий прибор (выключатель, переключатель) или предохранитель с линией электроснабжения, должен иметь тот же цвет, что и провод сети, к которой происходит подключение. Участки цепи, проходящие через разборные или неразборные контактные соединения, должны

выполняться проводом одинаковой расцветки. Участки цепи, разделенные контактами реле, предохранителями, резисторами и т.п., должны иметь различную расцветку. Расцветка проводов, проложенных в разных жгутах, может повторяться. На принципиальных схемах окраска проводов обозначена цветом или буквами (одной или двумя при комбинированной расцветке).

### **Защитная аппаратура**

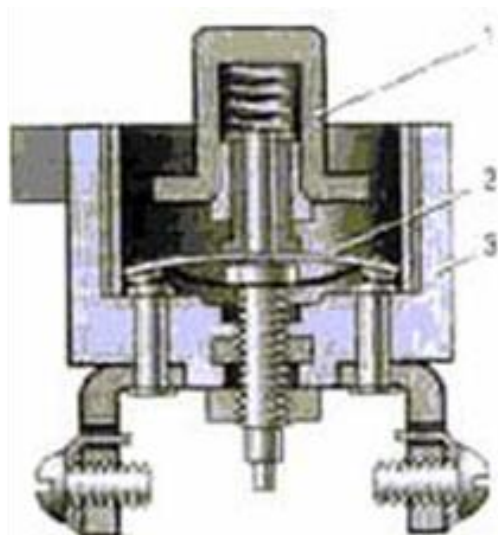
Все электрические цепи, кроме цепей зажигания и пуска, должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузок. Защита от коротких замыканий в цепях зажигания и пуска не вводится, чтобы не снижать их надежность. Однако современные электронные системы зажигания имеют защиту от перегрузок. Введение предохранителей в цепь заряда аккумуляторной батареи не является обязательным, но многие зарубежные фирмы устанавливают предохранитель и в эту цепь. Возможна защита одним предохранителем нескольких электрических цепей, однако такая групповая защита не допускается для взаимозаменяемых устройств и аварийных цепей.

Защита электрических цепей от коротких замыканий и перегрузок осуществляется плавкими и термобиметаллическими предохранителями.

Плавкие предохранители (рисунок 9.2) снабжены калиброванной металлической ленточкой, расплавляющейся, если ток в цепи достигает опасных значений. У малогабаритных предохранителей штекерного типа (штыревого) калиброванная ленточка помещена в пластмассовую оболочку, что увеличивает скорость их срабатывания.

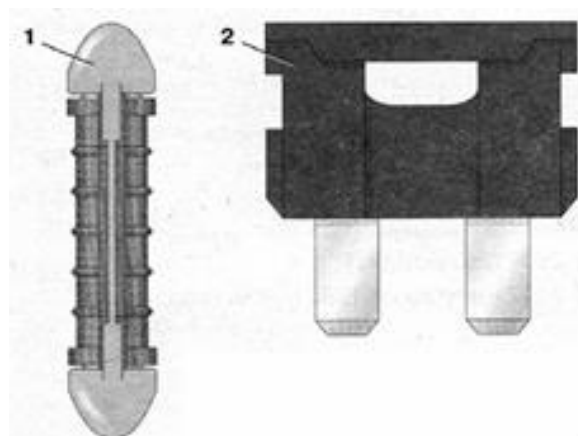
Действие термобиметаллических предохранителей основано на прогибе биметаллических пластин при прохождении по ним тока. Их можно разделить на предохранители с кнопочным выключением и вибрационного типа. В термобиметаллических предохранителях с кнопочным выключением (рисунок 9.3) после размыкания цепи пластина охлаждается, но остается в положении «выключено» до тех пор, пока не будет нажата кнопка, а в предохранителях вибрационного типа после охлаждения пластина возвращается в исходное положение и контакты вновь замыкаются. Термобиметаллические предохранители более инерционны по сравнению с плавкими, их рекомендуется применять в цепях защиты электродвигателей.

Эффективность действия предохранителей определяется по их ампер-секундной характеристике, связывающей силу тока, проходящего через предохранитель, и время его срабатывания.



- 1 – стержневой предохранитель для монтажного блока типа 15.3722;  
 2 – штыревой предохранитель для монтажных блоков типа 40.3722 и 2105-3722010-17

Рисунок 9.2. – Устройство плавких предохранителей



- 1 – кнопка возврата; 2 – биметаллическая пластина; 3 – корпус

Рисунок 9.3. – Устройство термобиметаллического предохранителя

Ампер-секундная характеристика плавких предохранителей ПР10А, ПР12А, ПР13А приведена на рисунке 9.4, а, а термобиметаллических предохранителей ПР2Б, ПР3, ПР310, ПР315 – на рисунке 9.4, б.

Значение номинального тока нагрузки  $I_n$  указана по отношению к номинальной силе тока предохранителя  $I_{п\text{ ном}}$ . Характеристика имеет существенный разброс и зависит от температуры окружающей среды.

Номинальная сила тока предохранителя связана с сечением проводящей жилы провода (таблица 9.5).

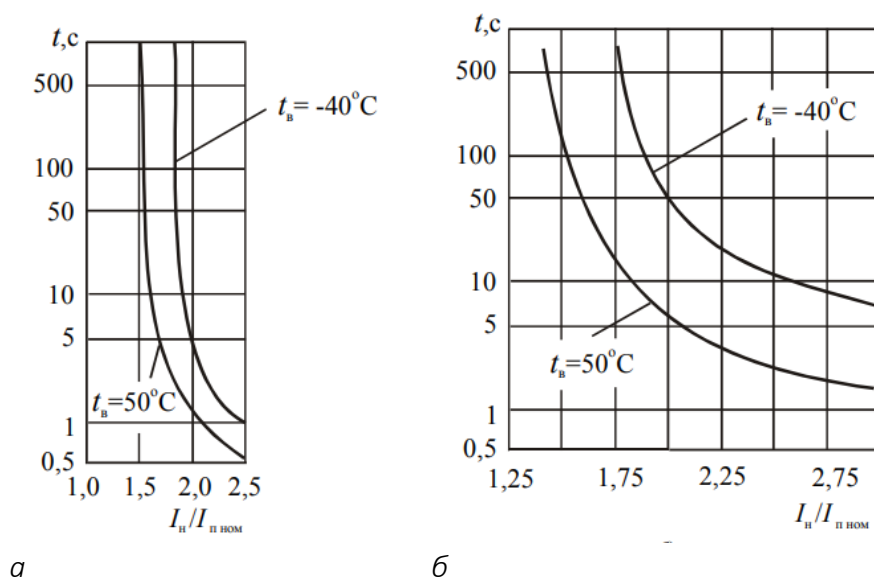


Рисунок 9.4. – Ампер-секундные характеристики предохранителей

Таблица 9.5

Сечение провода, мм <sup>2</sup>	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4
Номинальная сила тока для предохранителя:						
плавкого	8	10	10	16	20	30
термобиметаллического	10	15	15	20	30	40

Плавкая вставка не должна расплавляться в течение 30 мин при силе тока, в 1,5 раза превышающей номинальную, и должна разрывать электрическую цепь не более чем за 10 с при силе тока, в 3 раза превышающей номинальную. Малогабаритный плавкий предохранитель срабатывает при двукратном превышении силы номинального тока не более чем за 5 с.

Термобиметаллические предохранители при нормальных температурных условиях и силе тока, в 2,5 раза превышающей номинальную, срабатывают не более чем за 15 с. Предохранители такого типа с самовозвратом при кратности тока около 2 срабатывают не более чем за 2 мин.

Плавкие предохранители обычно объединяются в блок (рисунок 9.5). Так, на автомобилях ВАЗ-2106 имеется два блока предохранителей: основной и дополнительный. В основном блоке находится 9 предохранителей на 8 А и один (1-й) – на 16 А. В дополнительном блоке имеются шесть предохранителей, два из которых (14-й и 15-й) на 16 А, остальные на 8 А.

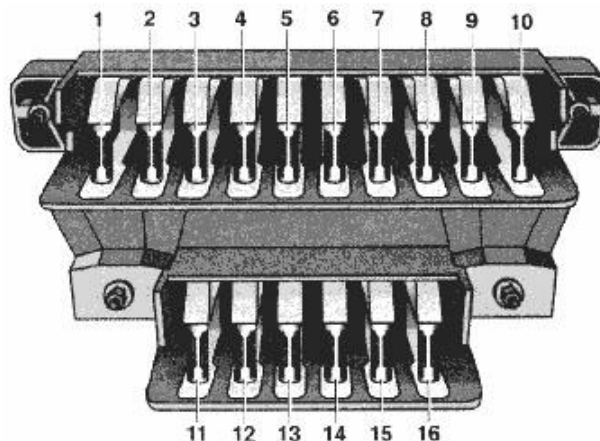


Рисунок. 9.5. – Блоки предохранителей ВА3-2106

При длительной эксплуатации автомобиля возможно окисление контактов предохранителей и их держателей в блоках, а также ослабление держателей. Это приводит к возрастанию сопротивления в электрических цепях или к обрыву (нарушению проводимости) цепей. Поэтому рекомендуется периодически проверять и зачищать контакты предохранителей и держатели предохранителей, подгибать держатели, если они ослабли.

При перегорании предохранителя ставится новый. При этом не допускается установка самодельных или каких-либо других предохранителей, не предусмотренных конструкцией автомобиля, т.к. это может привести к перегреву проводов и их возгоранию.

### Контрольные вопросы

1. Как устроены автомобильные провода?
2. По каким характеристикам различают провода?
3. Что такое допустимая токовая нагрузка? К чему в реальных условиях эксплуатации приведет ее чрезмерное превышение?
4. Каково назначение предохранителя?
5. Как устроен плавкий предохранитель? Каковы его основные параметры и характеристики?
6. Как устроен термобиметаллический предохранитель? Каковы его основные параметры и характеристики?
7. Какие факторы обуславливают выбор предохранителей для конкретной электрической цепи автомобиля?

## Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Пятков, К.Б. Электрооборудование автомобилей ВАЗ 2106, 2103 и их модификаций: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1999. – 54 с.
4. Пятков, К.Б. Электрооборудование ВАЗ 2103, 2107: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1998.
5. Пятков, К.Б. Электрооборудование ВАЗ 2108, 2109: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М. : Третий Рим, 1998.

## Лабораторная работа 10

### КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЯ ТИПА СЛ100

**Цель работы:** изучить принцип действия стеклоочистителя, конструкцию и назначение его основных частей, технологию разборки и сборки стеклоочистителя СЛ100, оценить техническое состояние основных его узлов и элементов.

#### Программа работы

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
  - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
    - ознакомиться с назначением стеклоочистителя и принципом его работы;
    - изучить устройство стеклоочистителя и назначение его узлов и элементов;
    - ознакомиться с основными техническими характеристиками приводного электродвигателя;
    - изучить технологию разборки и сборки стеклоочистителя.
  - 1.2. В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
  - 1.3. Подготовить таблицу оценки технического состояния узлов стеклоочистителя по образцу, приведенному в руководстве по выполнению лабораторной работы.
2. Работа в лаборатории.
  - 2.1. Получить у преподавателя или дежурного лаборанта набор инструментов, необходимых для разборки и сборки исследуемого стеклоочистителя.
  - 2.2. Разобрать стеклоочиститель СЛ100 на три основных части: электродвигатель МЭ14А, червячный редуктор и привод (рычажный механизм). Для этого:
    - Накидным ключом № 10 отвернуть гайку крепления приводных рычагов, снять шайбы и отсоединить рычаги.



– Предварительно зарисовав схему подключения проводов обмоток электродвигателя, с помощью отвертки и пассатижей отсоединить провода от корпуса редуктора.

Ключом № 8 отвернуть три гайки крепления электродвигателя к червячному редуктору, и снять его (вместе с пластмассовой втулкой).

2.3. Оценить техническое состояние элементов рычажного механизма. Для чего:

– Проверить на легкость хода подвижные соединения (кривошипного механизма, рычагов и тяг).

– Отвернуть ключом № 10 наконечник (для крепления щетки) на оси рычага и снять втулку.

– Отвернуть ключом № 22 гайку крепления оси рычага и снять уравниватель с прокладкой.

– С помощью пассатижей или отвертки вынуть скобу и снять с оси штуцер и шайбы.

– Осмотреть ось рычага, штуцер и уравниватель.

– Произвести сборку в порядке, обратном разборке.

2.4. Оценить техническое состояние червячного редуктора. Для чего:

– Отверткой отвернуть три винта и снять крышку редуктора.

– Вынуть ось с шестерней редуктора.

– Осмотреть червяк, шестерню редуктора и контактную пластину концевого выключателя на ее внутренней стороне.

– Осмотреть крышку редуктора и разобраться, для чего второй контакт концевого выключателя выполнен подвижным.

– С помощью омметра проверить биметаллический предохранитель.

– Произвести сборку червячного редуктора.

2.5. Оценить техническое состояние электродвигателя. Для чего:

– Ключом № 6 отвернуть две гайки стяжных шпилек и отсоединить крышку с держателями щеток от крышки с полюсами (полюсными наконечниками с обмотками), вынув при этом щетки из щеткодержателей.

– Вынуть из крышки якорь (при значительном усилии можно воспользоваться пассатижами).

– Проверить обмотку якоря на замыкание с корпусом («массой»).

Для этого измерить омметром сопротивление между коллекторной пластиной и сердечником якоря. Оно должно быть не менее 10 кОм. При наличии замыкания с корпусом якорь выбраковывается и заменяется новым.

**Примечание.** Действия, выделенные курсивом, выполняются только при проведении технического обслуживания электродвигателя.

– Проверить состояние коллектора. Рабочая поверхность коллектора должна быть гладкой (без следов износа) и не иметь следов почернения, вызываемого искрением и механическим износом щеток. *Загрязненную, окисленную или подгоревшую поверхность коллектора протирают чистой ветошью, смоченной бензином или зачищают мелкозернистой шлифовальной шкуркой.*

– Проверить качество пайки выводов секций обмотки якоря в гребешки коллектора. *При необходимости соединения пропаивают паяльником мощностью не менее 40 Вт.*

– Проверить состояние вала якоря. На поверхности вала не должно быть задиров, забоин и износа.

– Проверить обмотки статора на обрыв, для чего измерить их сопротивление омметром в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 10.4.

– По результатам измерений зарисовать эту схему с цветовым обозначением проводов.

– Проверить обмотку статора на замыкание с корпусом, для чего измерить омметром сопротивление между выводом обмотки и корпусом статора. Прибор должен показывать сопротивление не менее 10 кОм.

– Осмотреть обмотку статора на наличие перегрева. На поверхности изолятора катушек статора не должно быть следов почернения.

*При наличии обрыва, замыкания на корпус или перегрева электродвигатель (корпус) выбраковывается и заменяется новым.*

– Проверить легкость перемещения щеток в щеткодержателях и усилие пружин. Перемещение должно быть свободным, без заеданий.

*В случае слабого усилия щеточной пружины ее необходимо заменить.*

– Проверить состояние щеток, обратив внимание на степень их износа и качество поверхности. *Если щетки изношены, то они заменяются новыми.*

– Произвести сборку электродвигателя (собрав вместе крышки и затянув гайки стяжных шпилек, нужно проверить, что якорь свободно вращается – в противном случае процесс разборки и сборки следует повторить, устранив неполадку).

2.6. Результаты оценки технического состояния узлов и элементов электропривода (электродвигателя, червячного редуктора, рычажного механизма) занести в таблицу 10.1 (согласно приведенному образцу), и сделать заключение.

Таблица 10.1

№	Наименование	Описание технического состояния узла или элемента	Заключение
1	<i>Электродвигатель</i>	<i>– Коллектор: рабочая поверхность ровная, но имеет следы черного налета – ...</i>	<i>Пригоден к дальнейшей эксплуатации после проведения технического обслуживания</i>
2	<i>Червячный редуктор</i>	...	
3	<i>Рычажный механизм</i>	...	

**Примечание.** *Из ремонтных работ по стеклоочистителю обычно допускается только замена шестерни редуктора, зачистка коллектора и регулировка концевого выключателя.*

2.7. Собрать стеклоочиститель, обратив внимание на приведенные ниже рекомендации.

– Перед соединением редуктора и электродвигателя необходимо соответствующим образом выставить пазы переходной втулки на валу двигателя и пазы червячного вала редуктора.

– При подсоединении проводов к контактным площадкам следует воспользоваться предварительно зарисованной схемой соединений.

2.8. По результатам проделанной работы оформить отчет.

### Теоретическая часть

Для привода в действие отопительных и вентиляционных установок, стекло- и фароочистителей, стеклоподъемников и другого вспомогательного оборудования в автомобилях используется электропривод. Электропривод состоит из управляемого электродвигателя, системы передачи механической энергии потребителю и системы управления. Довольно часто электродвигатель объединяют с системой передачи энергии и частично с системой управления и защиты. Электродвигатель, объединенный с редуктором, образует моторредуктор.

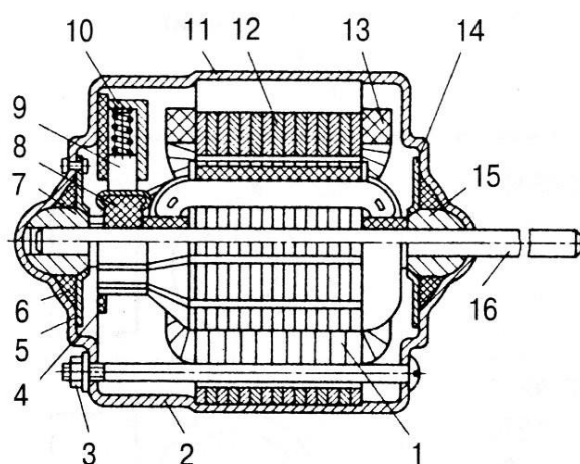
На автомобилях устанавливаются коллекторные электродвигатели постоянного тока мощностью, выбираемой из ряда 6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250 Вт, и частотой вращения, соответствующей ряду 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 9000 и 10000 мин<sup>-1</sup>.

### Устройство электродвигателей, используемых в приводе вспомогательного электрооборудования автомобилей

Двигатели с электромагнитным возбуждением имеют параллельное, последовательное и смешанное возбуждение. Регулирование их частоты вращения может осуществляться введением резистора в цепь возбуждения или якоря, переключением в цепи обмотки возбуждения. Реверсивные двигатели снабжены двумя обмотками возбуждения. Электродвигатели малой мощности (до 60 Вт) выполняются двухполюсными, пакеты статора и якоря набираются из стальных пластин.

Пример конструкции электродвигателя с электромагнитным возбуждением представлен на рисунке 10.1.

Применение постоянных магнитов упрощает конструкцию электродвигателя. В автомобильных электродвигателях используются магниты из гексаферрита бария изотропные 6БИ240, М6БИ230Ж и анизотропные 24БА210, 18БА220 и 14БА255. Последние три цифры в наименовании магнита указывают на величину его коэрцитивной силы по намагниченности в кА.



1 – якорь; 2 – крышка; 3 – винт; 4 – траверса; 5, 14 – плоские пружины; 6 – сальник; 7, 15 – подшипники; 8 – коллектор; 9 – щетки; 10 – щеткодержатель; 11 – корпус; 12 – статор; 13 – обмотка возбуждения; 16 – выходной вал

Рисунок 10.1. – Электродвигатель с электромагнитным возбуждением

Коллекторы выполняются штамповкой из медной ленты или трубы с продольными пазами на внутренней поверхности и спрессовываются пластмассой.

В электродвигателях применяются щетки марок М1, 96, 960, ЭГ51. В двухскоростных электродвигателях между двумя основными щеткам устанавливается третья. Частота вращения электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов зависит от числа рабочих проводников обмотки якоря, заключенных между щетками. При подаче питания на третью щетку число таких проводников уменьшается, частота вращения растет.

Коэффициент полезного действия электродвигателей зависит от их мощности, но обычно не превышает 60%.

Технические данные некоторых типов электродвигателей с электромагнитным возбуждением приведены в таблице 10.2, а с возбуждением от постоянных магнитов – в таблице 10.3.

Таблица 10.2

Электродвигатель	Напряжение, В	Полезная мощность, Вт	Сила потребляемого тока, А	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Масса, кг
Параллельное возбуждение					
МЭ7Г	12	10	3	2600	0,83
МЭ12		15	3,8	6500	1,3
МЭ22А		120	28	3000	6,3
Последовательное возбуждение					
МЭ106	12	40/16	11/6,5	3000/2000	3,5
МЭ201		11	3,5	5500	0,5
МЭ202А		11	3,5	4500	0,5
МЭ211Б		25	5,3	3000	1,3
МЭ218В		25	5,3	3000	1,3
МЭ222		220	43	6500	5,0
МЭ226		40	7,5	3500	1,65
МЭ225А		12	4,5	4000	0,85
Смешанное возбуждение					
32.3730	12	180	29	6500	4,7
МЭ14А,Б		15	4,2	1500	1,3

**Примечание.** Дробью представлены параметры двухскоростного двигателя.

Таблица 10.3

Электродвигатель	Привод	Напряжение, В	Полезная мощность, Вт	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Масса, кг
МЭ268	омывателя, стеклоочистителя, отопителя	12	10	9000	0,14
МЭ237Б			12	2000	0,9
45.3730			90	4100	1,0
МЭ11			6	3000	0,5
МЭ236			25	3000	1,0
МЭ255			20	3000	0,8
19.3730			40	3000	1,3
51.3730			90	3000	1,3
49.3730			27	4500	0,68
74.3730			11	5500	0,5
9742.3730			90	3000	16
МЭ272			110	2500	2,5
68.3730	вентилятора	12	110	2500	2,5
70.3730			110	2500	1,8
81.3730			6	3000	0,5

### Устройство и принцип работы стеклоочистителя

Стеклоочиститель предназначен для механической очистки лобового стекла (в некоторых моделях автомобилей и заднего) от атмосферных осадков и грязи. Электрический стеклоочиститель (рисунок 10.2) состоит из электродвигателя 1, червячного редуктора 3, привода (кривошипный механизм 4, система рычагов и тяг 2) и щеток 5.

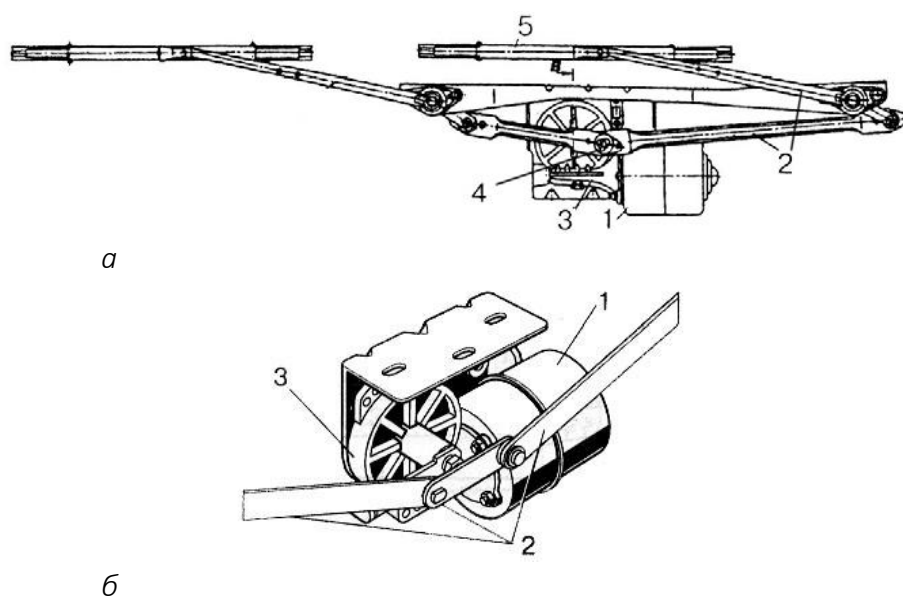


Рисунок 10.2. – Устройство стеклоочистителя

Электродвигатель стеклоочистителя через червячный редуктор приводит во вращение кривошип, который через систему приводных рычагов и тяг сообщает щеткам качательные движения.

Алгоритм управления стеклоочистителем в простейшем случае должен обеспечивать работу с малой и большой частотой вращения его электродвигателя и укладку щеток при отключении стеклоочистителя в крайнее положение, в котором они не мешают обзору водителя.

На рисунках 10.3 и 10.4 приведены схемы управления стеклоочисткой с электродвигателями, возбуждаемыми постоянным магнитом, и с электромагнитным возбуждением, соответствующие этому алгоритму.

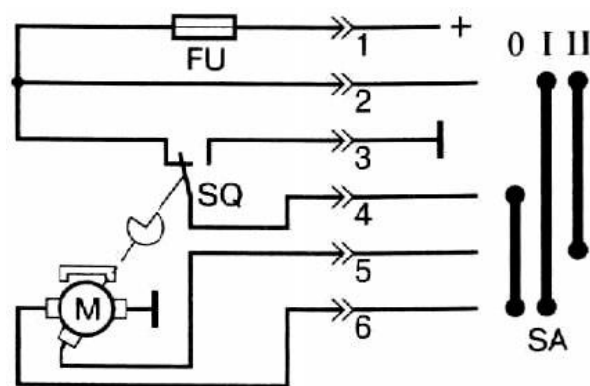


Рисунок 10.3. – Схема управления двухскоростным стеклоочистителем при использовании электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов

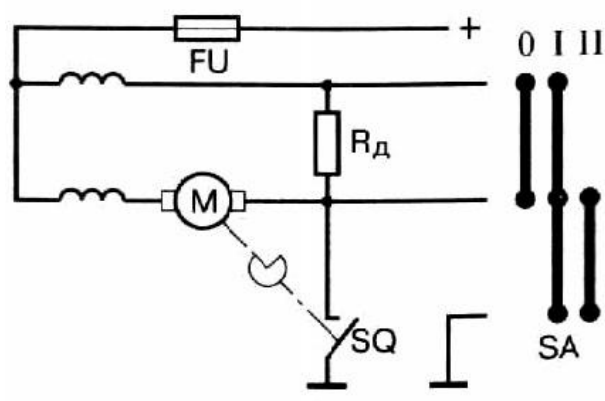


Рисунок 10.4. – Схема управления двухскоростным стеклоочистителем при использовании электродвигателя с электромагнитным возбуждением

Переключатель SA имеет три положения, соответствующие требованиям алгоритма работы стеклоочистителя. В положении I электропитание подается непосредственно на основные щетки электродвигателя, и он работает на низкой частоте вращения. Перевод переключателя в положение II подводит питание к третьей щетке электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов или через резистор R к параллельной обмотке возбуждения двигателя со смешанным электромагнитным возбуждением. При этом двигатель переходит на высокую частоту вращения с повышенной интенсивностью очистки. Для остановки привода выключатель переводится в положение 0. Однако двигатель при этом сразу не останавливается и продолжает работать, получая питание через размыкающий контакт концевого выключателя SQ.

В схеме на рисунке 10.3 после установки щеток в крайнее положение конечной выключатель срабатывает и замыкает контакт. После этого электропитание двигателя прекращается, и он ускоренно останавливается в режиме динамического торможения, т.к. его щетки оказываются соединены между собой накоротко. В схеме на рисунке 10.4 остановка двигателя происходит с соединением щеток через обмотки возбуждения. Биметаллический предохранитель FU защищает двигатель от перегрузки.

Более полный алгоритм управления стеклоочистителем предполагает периодическое его включение через 2–7 с при совместном управлении стеклоомывателем. Периодичность включения обеспечивается использованием теплового или электронного реле.

### **Обозначение электродвигателей**

Электродвигатель, используемый в приводе, ранее обозначался буквами «МЭ», номером модели и ее модификацией. Например, МЭ14А. В настоящее время используется цифровое обозначение вида ХХХХ.3730, где первые две цифры соответствуют номеру модели, третья цифра – модификации, а четвертая – исполнению (в некоторых случаях третья и четвертая цифры могут отсутствовать). Так, 9742.3708 – это электродвигатель 97 модели, четвертой модификации, общеклиматического исполнения.

### **Технические характеристики**

В таблице 10.4 приведены основные характеристики электродвигателя МЭ14А, применяемого в приводе стеклоочистителя на автомобилях УАЗ, М2140 и др.



Таблица 10.4

Наименование параметра	МЭ14-А
Тип возбуждения	смешанное
Номинальное напряжение, В	12
Номинальная мощность, Вт	15
Потребляемый ток, А	4,2
Вращающий момент, кгс·м	0,09
Максимальный эффективный момент на валу редуктора, кгс·м	0,25
Пусковой момент, кгс·м	2,5
Частота вращения якоря, мин <sup>-1</sup>	1500
Направление вращения	левое
Число двойных ходов вала в 1 мин	30–45/50
Активная длина якоря, мм	37,2
Наружный диаметр якоря, мм	38,9
Число пазов якоря	11
Шаг по пазам якоря	5
Диаметр провода обмотки якоря, мм	0,5
Число витков секции (обмотки) якоря	28
Масса, кг	1,3

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение электропривода?
2. Как устроен электродвигатель?
3. По каким конструктивным характеристикам различают электродвигатели?
4. Каково назначение ... (полюсов статора, якоря, коллектора, щеток)? Какую функцию этот узел (элемент) электродвигателя выполняет?
5. Как работает электродвигатель постоянного тока?
6. Каковы основные характеристики электродвигателей, которые используются в приводе вспомогательного электрооборудования автомобилей?
7. Какие факторы обуславливают выбор электродвигателя для конкретного привода?
8. Каково назначение ... (червячного редуктора, кривошипного механизма, тяги, ...)? Какую функцию этот узел (элемент) привода выполняет?

## Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М. : За рулем, 2000, 1999. – 384 с.
3. Литвиненко, В.В. Электрооборудование автомобилей УАЗ: устройство, поиск и устранение неисправностей / В.В. Литвиненко. – М. : За рулем, 2002. – 159 с.
4. Литвиненко, В.В. Электрооборудование автомобилей «Москвич». Модели АЗЛК-2141, -21412, «Москвич»-412ИЭ, 2140, ИЖ-21251,2715 и 2126 : устройство, поиск и устранение неисправностей / В.В. Литвиненко. – М. : За рулем, 1999. – 216 с.