

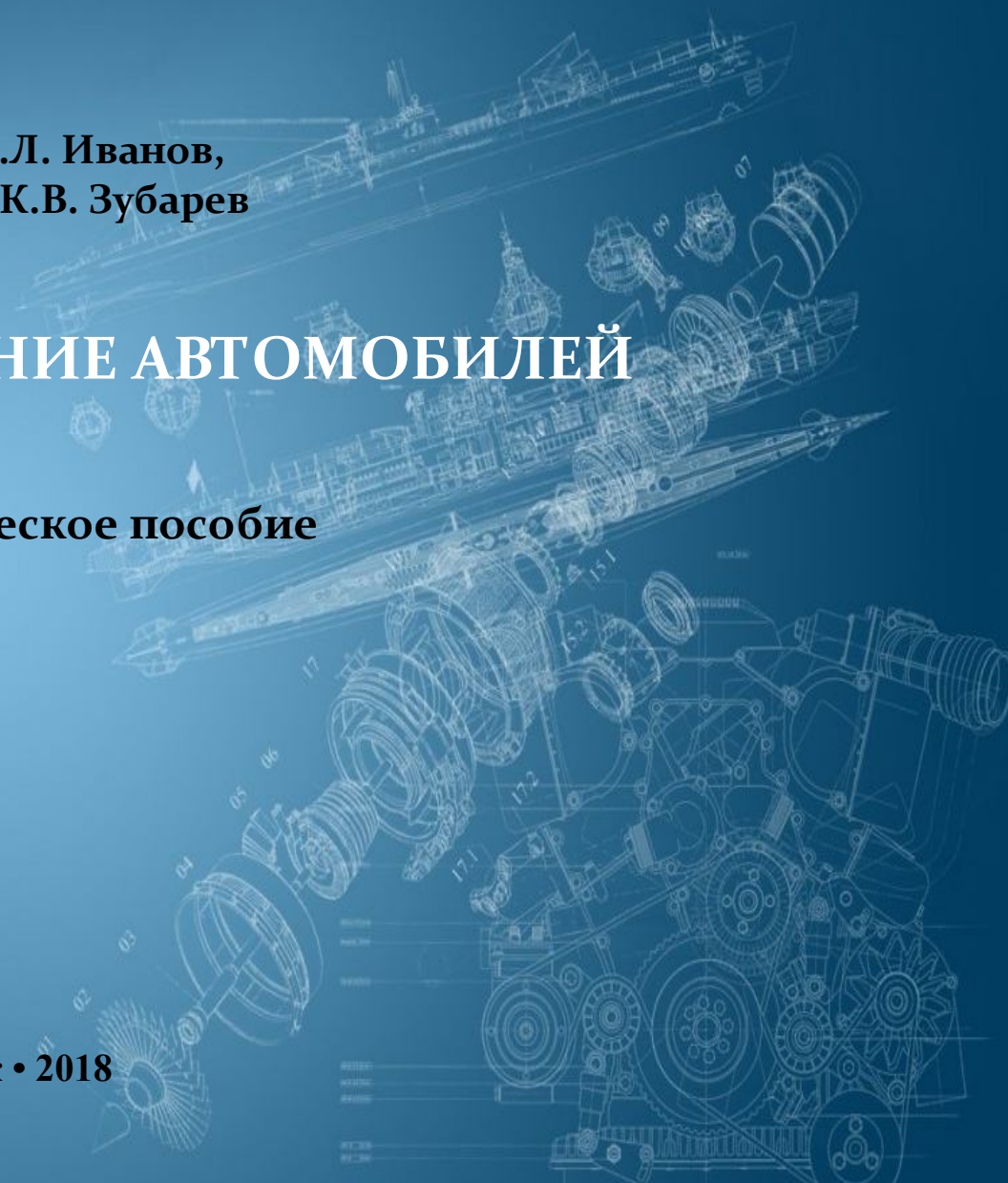
Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

**А.А. Руппель, А.Л. Иванов,
В.Д. Червенчук, К.В. Зубарев**

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Учебно-методическое пособие

Омск • 2018



Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. И.А.Реброва (СибАДИ);
канд. техн. наук, доц. И.И. Малахов (ОИВТ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом в качестве учебно-методического пособия.

Руппель, Александр Александрович.

Р86 Электрооборудование автомобилей [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.А. Руппель, А.Л. Иванов, В.Д. Червенчук, К.В. Зубарев. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2018. – Режим доступа:....., свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

Содержит теоретическую и практическую части для изучения устройства, конструкции и принципа действия элементов системы электрооборудования автомобиля. Рассмотрены практические вопросы обслуживания и диагностики систем электроснабжения, зажигания и запуска двигателя.

Даны методики проведения исследований и снятия характеристик элементов электрооборудования, позволяющие закрепить изученный материал с использованием измерительного и диагностического оборудования на современных лабораторных стендах.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок. Содержит видеоматериалы обучающего и демонстрационного характера, которые воспроизводятся с помощью проигрывателя Windows Media.

Предназначено для проведения практических и лабораторных работ, выполнения контрольных работ при подготовке бакалавров и магистрантов всех форм обучения по дисциплинам «Электрооборудование автомобилей и тракторов», «Электронные и электрические системы автомобилей», «Электронное и электрическое оборудование автомобилей», «Диагностирование электронных и электрических систем автомобиля», «Электронные системы управления двигателями внутреннего сгорания», «Диагностика энергетических установок и систем их управления», направлений подготовки «Энергетическое машиностроение», «Технология транспортных процессов», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Наземные транспортно-технологические комплексы», «Профессиональное обучение», а также по специальности «Наземные транспортно-технологические средства». Может быть полезно обучающимся других специальностей и направлений.

Подготовлено на кафедре «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование».

Мультимедийное издание (5,2 МБ)

Системные требования: Intel, 3,4 GHz; 150 Мб; Windows XP/Vista/7; DVD-ROM;
1 Гб свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов:

Adobe Acrobat Reader; Foxit Reader

Редактор О.В. Соболева

Техническая подготовка Н.В. Кенжалинова

Издание первое. Дата подписания к использованию

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

ВВЕДЕНИЕ

Парк автомобилей, эксплуатирующийся в России, за последние десятилетия претерпел существенное обновление. Наряду с изделиями отечественного автомобилестроения появилось большое количество автомобилей зарубежного производства различных моделей. Сами автомобили стремительно усложняются за счет увеличения требований к экологической безопасности; улучшения безопасности и комфортабельности, а также основных технико-экономических характеристик. Производители автомобильной техники в борьбе за конкурентоспособность своих изделий постоянно модернизируют и расширяют состав электрооборудования.

Электрооборудование автомобиля представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электротехнических и электронных систем, приборов и устройств, обеспечивающих надежное функционирование двигателя, трансмиссии, ходовой части, систем обеспечения безопасности движения, автоматизацию рабочих процессов автомобиля и комфортные условия для водителя и пассажиров.

Автомобильное электрооборудование включает в себя следующие системы и устройства:

- систему электроснабжения;
- систему электростартерного пуска двигателя;
- систему освещения, световой и звуковой сигнализации;
- электронные системы управления агрегатами автомобиля;
- систему информации и контроля технического состояния автомобиля и его агрегатов;
- систему электропривода;
- систему подавления радиопомех;
- коммутационные, защитные устройства и электропроводку.

От качества функционирования данного оборудования во многом зависят основные потребительские качества автомобиля: комфортабельность, топливная экономичность, работоспособность и надежность автомобиля в целом.

Опережающее развитие электрических и электронных систем является одной из тенденций современного автомобилестроения. Все это повышает уровень требований к персоналу, занимающемуся техническим обслуживанием и ремонтом электрообо-

рудования автомобилей, в том числе и к инженерно-техническому персоналу, подготовка которого осуществляется в высшем учебном заведении. В процессе обучения будущие специалисты должны глубоко изучить устройство систем электрооборудования, принципы его работы, а также получить практический опыт в данной области.

В работе даны теоретические сведения по элементам и узлам электрического и электронного оборудования автомобилей. Учебно-методическое пособие рассчитано на углубленное изучение и закрепление теоретических знаний, а также на приобретение практических навыков определения технического состояния элементов электрооборудования автомобиля.

Учебно-методическое пособие состоит из лабораторных работ. Каждая лабораторная работа содержит: цель работы; общие сведения; оборудование рабочего места; порядок выполнения работы; инструкции по охране труда; требование в состав отчета; контрольные задания и вопросы, а также перечень основной и вспомогательной литературы.

Описанные лабораторные работы являются экспериментальными проверками теоретических положений, расчетных формул, а также конкретных параметров элементов и узлов электрооборудования автомобилей. Даны контрольные вопросы, позволяющие самостоятельно готовиться к занятиям.

Правила техники безопасности

При выполнении лабораторных работ студенты должны соблюдать требования по технике безопасности:

- не допускать попадание электролита на открытые участки кожи;
- сборку схемы и любые переключения проводников производить только при снятом питании;
- нельзя включать источник тока при разомкнутой цепи его нагрузки;
- нельзя пользоваться проводниками с нарушенной изоляцией и неисправными наконечниками;
- перед включением схема должна быть представлена преподавателю и получено его разрешение на включение;
- на работающем стенде нельзя касаться токоведущих элементов и вращающихся частей;
- приборы управления и измерительные приборы устанавливаются так, чтобы было удобно перемещать их ползунки и рукоятки, наблюдать за приборами, не перегибаясь через машины и провода;
- при любой аварийной ситуации, угрожающей людям или оборудованию, необходимо отключить стенд от сети и сообщить преподавателю.

Лабораторная работа №1

СТАРТЕРНАЯ АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ

1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы: освоение методики проверки технического состояния стартерных аккумуляторных батарей.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с устройством АКБ.
2. Получить навыки работы с проверочным оборудованием.
3. Определить основные параметры аккумуляторной батареи: степени разряженности, ЭДС, внутреннего сопротивления.
4. Построить вольт-амперную характеристику и кривую мощности.
5. Оценить потенциальные возможности исследуемой аккумуляторной батареи.

Оборудование и оснащение:

1. Аккумуляторная батарея (исправная + разобранный в качестве наглядного пособия).
2. Ареометр.
3. Мультиметр.
4. Аккумуляторный пробник.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

2.1. Назначение стартерной аккумуляторной батареи

Электрический аккумулятор – устройство, в котором химическая энергия заложенных в него активных веществ непосредственно преобразуется в электрическую при протекании электрохимических реакций.

Устройство такого типа называется химическим источником тока, но в отличие от гальванических элементов является вторичным и предназначено для многократного использования за счет восстановления химической энергии веществ.

Автомобильная аккумуляторная батарея (АКБ) предназначена для электроснабжения стартера при пуске двигателя внутреннего сгорания и других потребителей электроэнергии при неработающем генераторе или недостатке развиваемой им мощности. Работая парал-

лельно с генераторной установкой, батарея устраняет перегрузки генератора и возможные перенапряжения в системе электрооборудования в случае нарушения регулировки или при выходе из строя регулятора напряжения, сглаживает пульсации напряжения генератора, а также обеспечивает питание всех потребителей в случае отказа генератора и возможность дальнейшего движения автомобиля за счет резервной емкости.

Наиболее мощным потребителем энергии аккумуляторной батареи является электростартер. В зависимости от мощности стартера и условий пуска двигателя сила тока стартерного режима разряда может достигать нескольких сотен и даже тысяч ампер. Сила тока стартерного режима разряда резко возрастает при эксплуатации автомобилей в зимний период (пуск холодного двигателя).

В соответствии с основным назначением батареи, как правило, называются стартерными. Важное требование к стартерным аккумуляторным батареям – минимальное внутреннее сопротивление и внутреннее падение напряжения при больших токах разряда в стартерном режиме.

2.2. Конструкция стартерной аккумуляторной батареи

Устройство почти всех свинцовых аккумуляторов одинаково и основано на принципе баночной конструкции. Широкое применение этих аккумуляторов обусловлено их дешевизной, надежностью в работе и хорошими показателями. Они обладают высоким и стабильным напряжением, мало меняющимся с температурой и токами нагрузки. Ресурс свинцовых аккумуляторов составляет несколько сотен зарядно-разрядных циклов.

Аккумуляторная батарея состоит из корпуса, полублоков положительных и отрицательных пластин, сепараторов, крышек, перемычек и полюсных выводов. Конструкция АКБ показана на рис. 1.1.

Корпус батареи имеет форму параллелепипеда, разделенного на секции, в которые устанавливаются отдельные аккумуляторы (*иллюстрация 1.1*).

В нижней части корпуса из эбонита имеются ребра (опорные призмы). На эти ребра опираются пластины, а в пространстве между ними скапливается осыпавшаяся активная масса пластин для предотвращения электрического замыкания. Эта масса называется шламом. Ребра также предотвращают перемещение шлама при движении ав-

томобиля. Внутренняя поверхность корпуса защищена от действия электролита пластмассовыми кислотоупорными вставками.

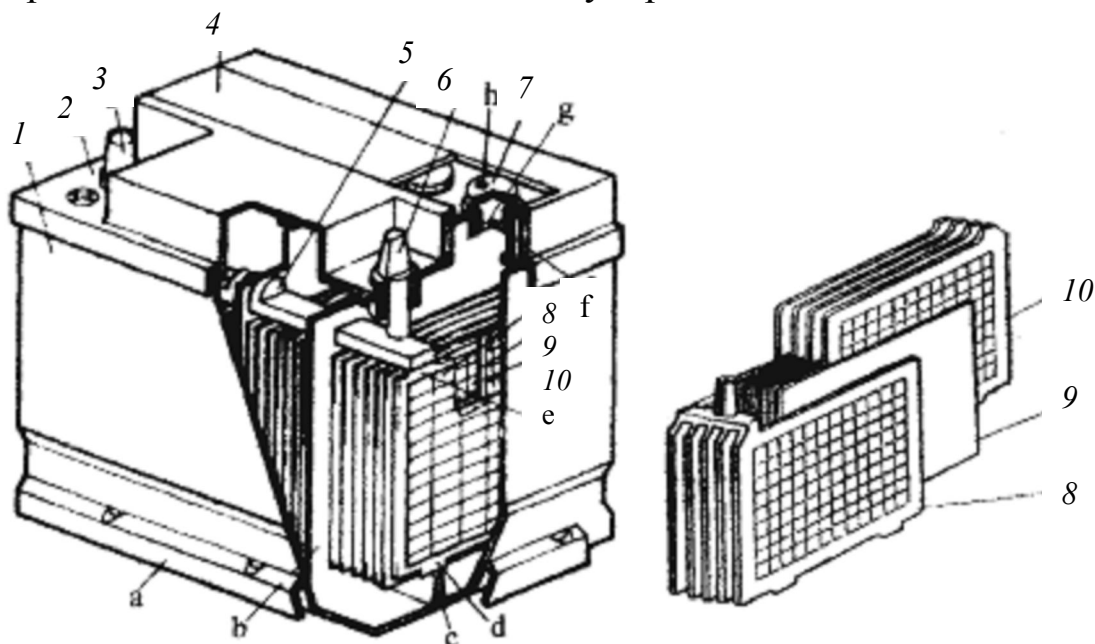


Рис. 1.1. Свинцовая стартерная аккумуляторная батарея:

1 – моноблок; 2 – крышка; 3, 6 – полюсные выводы, соответственно, положительный и отрицательный, 4 – планка, 5 – средний борт; 7 – пробка; 8, 10 – пластины, соответственно, отрицательная и положительная; 9 – сепаратор; а – выступ; б – перегородка моноблока; с – опорная призма; d – ножка пластины; е – ушко пластины; f – индикатор уровня электролита; g – отражатель; h – вентиляционное отверстие

Положительные и отрицательные пластины соединены параллельно в блоки. Это необходимо для снижения внутреннего сопротивления аккумулятора. Каждая пластина выполняется на основе решетки из сплава свинца, в которую «вмазана» активная масса.

Активная масса положительных пластин в заряженном состоянии батареи состоит из двуокиси свинца и имеет коричневый цвет. Активная масса отрицательных пластин в этом состоянии состоит из губчатого порошкообразного свинца светло-серого металлического цвета.

Решетки положительных пластин изготавливаются более толстыми, чем отрицательные. Для изготовления решеток пластин используют сплав свинца с сурьмой (до 5%) и мышьяком (до 0,2%). Эти присадки повышают механическую прочность пластин.

Сверху пластины оснащены приливами (ушками), с помощью которых они привариваются к токоподводящим клеммам. Аккумуляторы между собой соединяются свинцовыми перемычками. Аккумуля-

ляторы в батарее закрывают крышками, изготовленными из того же материала, что и корпус.

В крышках имеются отверстия с резьбой, в которые вворачиваются заливные пробки, предназначенные для заливки электролита (водного раствора серной кислоты) и контроля его уровня в эксплуатации. Пробки изготавливают из полиэтилена, в них имеются вентиляционные отверстия, через которые из аккумуляторов выходят в атмосферу газы (кислород и водород). У новой батареи пробки герметичные и вентиляционные отверстия закрыты. При заливке электролита на пробках удаляют герметизирующие выступы и открывают отверстия. Герметизация устраняет доступ кислорода воздуха к отрицательным пластинам и их окисление, что увеличивает срок хранения новой батареи. В пробках устанавливаются специальные отражательные шайбы для предотвращения выбросов электролита на поверхность батареи при движении автомобиля. При работе батареи на автомобиле вместе с газами выходят пары кислоты, которая расходуется и вызывает коррозию близко расположенных деталей двигателя и кузова.

При сборке аккумуляторов полублоки пластин вводят друг в друга и изолируют сепараторами (*иллюстрация 1.2*). Главное назначение сепараторов заключается в предотвращении электрического контакта между положительными и отрицательными пластинами. Сепараторы изготавливают из пористой пластмассы, не проводящей электрического тока. Через поры пластмассы свободно проходят ионы электролита по кратчайшему (между пластинами) пути, снижая внутреннее сопротивление батареи. Одновременно в порах пластин хранится часть электролита, уменьшающая габариты аккумулятора. Сепараторы изготавливают в основном из микропористой пластмассы – мипласт – и реже из микропористого эбонита или микропористой резины – мипор.

В настоящее время широкое распространение получили новые малообслуживаемые батареи (*иллюстрация 1.3*). Корпус такой батареи изготавливается из полиэтилена. Полиэтилен обладает высокой кислотостойкостью, поэтому нет необходимости устанавливать кислотоупорные вставки. Корпус представляет собой единую сварную конструкцию без отдельных крышек. Однако клея для полиэтилена нет, сварка полиэтилена – технологически сложный процесс, и батарея получается неремонтопригодной. Перемычки между отдельными аккумуляторами убраны с крышек внутрь, и теперь они проходят непосредственно через отверстия в боковых перегородках корпуса.

Уменьшился саморазряд батареи, снизилось выделение кислоты через отверстия для перемычек.

Сепараторы новых батарей стали изготавливать в виде конвертов, в которые вставляются пластины. Такие сепараторы предотвращают выпадение активной массы на дно корпуса. Ребра на дне аккумулятора теперь не нужны. Пластины опустили ниже, и увеличилось пространство для электролита при прежних габаритах. Электролита теперь заливают больше, с запасом, и его хватает на большее время.

Изменен состав сплава решеток пластин. Убрана из сплава сурьма, для повышения прочности пластин применяются кальций и олово. Значительно сократилось кипение электролита при зарядке, и уменьшилась коррозия решеток положительных пластин.

Такие аккумуляторы теперь можно реже обслуживать и их стали называть малообслуживаемыми или необслуживаемыми.

Клеммы аккумуляторной батареи изготавливают разного диаметра. Положительная клемма больше, а отрицательная – меньше. В процессе эксплуатации положительная клемма подвергается коррозии в большей мере, чем отрицательная. Качество контакта в клеммах легко проконтролировать после пуска двигателя стартером по их нагреву. Если клемма становится теплой, то необходимо ее отсоединить, промыть водой и при необходимости зачистить.

2.3. Принцип действия стартерной аккумуляторной батареи

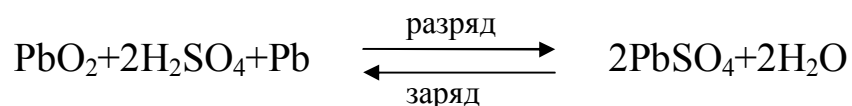
Свинцовые аккумуляторы являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно.

Когда к аккумулятору не подключена внешняя нагрузка, то вследствие химических реакций на положительных пластинах образуется положительный заряд, а на отрицательных – отрицательный. Образующиеся заряды препятствуют дальнейшему прохождению реакций, реакции прекращаются и теоретически в таком состоянии аккумулятор может находиться неограниченное время.

При подключении внешней нагрузки появляется электрический ток, снижаются величины зарядов и вступают в работу химические реакции. Активная масса расходуется, на положительных и отрицательных пластинах активная масса постепенно преобразуется в серноокислый свинец, также расходуется электролит и вместо кислоты в электролите появляется дополнительная вода. При разряде понижается плотность электролита, его уровень, пластины покрываются слоем

серноокислого свинца, снижается электродвижущая сила и повышается внутреннее сопротивление. Когда прореагирует вся активная масса, напряжение на выводах батареи начинает быстро падать и процесс разряда прекращается. В эксплуатации допускать полный разряд батареи не рекомендуется из-за коробления пластин и отслоения активной массы.

Химические реакции в свинцовом аккумуляторе описываются следующим уравнением:



При зарядке батареи, в конце процесса заряда, активная масса пластин полностью преобразуется и начинается электролиз воды. Вода разлагается на кислород и водород. Электролит начинает кипеть. Кислород выделяется на положительных пластинах, а водород на отрицательных. Кислород образуется в атомарном состоянии и окисляет решетки положительных пластин.

Содержание в электролите серной кислоты и плотность электролита уменьшаются при разряде и увеличиваются при заряде. По плотности электролита судят о степени разряженности свинцового аккумулятора. При разряде происходит незначительное увеличение объема электролита, а при заряде – уменьшение.

В табл. 1.1 указаны состояния пластин и электролита заряженной и разряженной аккумуляторной батареи.

Таблица 1.1

Состояния пластин и электролита аккумуляторной батареи

Заряженное состояние		
Положительные	Отрицательные	Электролит
Двуокись свинца	Губчатый свинец	Серная кислота
Разряженное состояние		
Положительные	Отрицательные	Электролит
Серноокислый свинец		Вода

В заряженном состоянии плотность электролита составляет в среднем $1,28 \text{ г/см}^3$, а в разряженном $1,11 \text{ г/см}^3$. Электродвижущая сила в заряженном состоянии достигает $2,15 \text{ В}$ и в разряженном состоянии снижается до $1,96 \text{ В}$.

В процессе эксплуатации решетки положительных пластин постепенно становятся более тонкими, плохо проводят электрический ток и разрушаются. Нарушается электрический контакт решеток с активной массой, активная масса не вступает в химические реакции при

зарядке и разряде, снижается разрядная емкость. При зарядке электролит в аккумуляторе рано закипает. Разрушение решеток положительных пластин является основной причиной выхода аккумуляторных батарей в эксплуатации.

2.4. Условные обозначения АКБ

Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи классифицируют по номинальному напряжению (6 и 12 В) и номинальной емкости.

На стартерные аккумуляторные батареи наносят товарный знак предприятия-изготовителя, указывают тип батареи, дату выпуска и обозначение стандарта или технических условий на батарею конкретного типа.

Условное обозначение типа батареи (например батарея 6СТ-55А) содержит указание на количество последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (6 шт.), характеризующих ее номинальное напряжение (12 В), указание на назначение по функциональному признаку (СТ – стартерная), номинальную емкость при 20-часовом режиме разряда (55 А·ч) и исполнение (при необходимости): А – с общей крышкой; Н – несухозаряженная; З – для необслуживаемой, залитой электролитом и полностью заряженной батареи.

В условных обозначениях еще применяемых в настоящее время батарей буквы Э и Т после величины номинальной емкости указывают на материал моноблока (соответственно эбонит и термопласт). Последующие буквы обозначают материал сепаратора (М – мипласт, Р – мипор).

Отечественная промышленность выпускает стартерные свинцовые аккумуляторные батареи номинальным напряжением 6 и 12 В и номинальной емкостью до 190 А·ч.

2.5. Характеристики АКБ

Аккумуляторные батареи оцениваются по следующим параметрам: номинальная разрядная емкость, стартерная разрядная емкость, ток холодной прокрутки, внутреннее сопротивление, электродвижущая сила (ЭДС) и напряжение.

Номинальная емкость C_{20} определяется в стандартном режиме разряда: время разряда 20 часов, температура батареи 25°C, разряд за-

канчивают при достижении напряжения допустимой величины 10,5 В для батареи из 6 аккумуляторов.

Разрядная емкость C_p аккумуляторной батареи отражает количество электричества в ампер-часах, которое батарея отдает в нагрузку. Емкость определяется как произведение тока разряда на время разряда батареи. Единица измерения емкости подобрана для удобства пользователя, зная ток потребителя в амперах, легко найти допустимое время его подключения в часах, разделив емкость на величину тока.

Разрядная емкость зависит от величины тока разряда и температуры аккумулятора. При больших разрядных токах электролит быстро расходуется в порах пластин и новые порции электролита не успевают проникать внутрь. В результате внутренние слои пластин остаются не прореагировавшими, а наружные слои покрываются серноокислым свинцом. Разрядная емкость аккумуляторных батарей снижается, вводят важный показатель – стартерная разрядная емкость.

Стартерная емкость определяется за время разряда 3 мин или при разряде батареи током $3C_{20}$. Разряд производится при температуре -18 градусов от начального напряжения 12 В до конечного 6 В.

Ток холодной прокрутки является дополнительным показателем, отражающим стартерные свойства батареи. Он замеряется при температуре -18 градусов и отражает максимальный ток, при величине которого напряжение на выводах батареи не падает ниже 7,2 В в течение 30 сек разряда.

ЭДС аккумуляторной батареи измеряется в вольтах и равна разности потенциалов на клеммах батареи без нагрузки. ЭДС батареи равна сумме ЭДС всех последовательно соединенных аккумуляторов. ЭДС аккумулятора зависит от плотности электролита: $E = 0,85 + p$, где p – плотность электролита, в г/см³ (измеряется при помощи ареометра).

Напряжение батареи равно разности потенциалов на ее клеммах при подключенной нагрузке. Напряжение и ЭДС замеряются вольтметром с большим внутренним сопротивлением. При разряде напряжение на клеммах батареи меньше ЭДС на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении батареи r :

$$U_B = E - I \cdot r,$$

где I – ток разряда.

При заряде батареи напряжение больше ЭДС.

Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи складывается из сопротивления всех деталей, по которым проходит электрический ток: клемм, перемычек, решеток пластин, активной массы, сепараторов и электролита. По металлическим проводникам ток проходит в виде электронов, по электролиту ток проходит в виде ионов. Внутреннее сопротивление стартерной батареи составляет порядка сотой доли Ома и при ее изготовлении прилагают все усилия для уменьшения сопротивления.

Характеристики аккумулятора зависят от его температуры. При снижении температуры уменьшаются скорости химических реакций и увеличивается внутреннее сопротивление батареи. Одновременно возрастает вязкость электролита, он плохо проникает в поры пластин и аккумулятор хуже работает в стартерном режиме разряда.

Отдых аккумуляторной батареи широко используется водителями автомобилей, особенно в зимнее время. Для отдыха от аккумулятора просто отключают нагрузку и дают выдержку в течение 20...30 с и более. Во время отдыха электролит успевает глубоко проникнуть в поры пластин, выравнивается его плотность. При следующем включении батареи в химические реакции вовлекаются внутренние слои активной массы, которые без отдыха так и остаются непрореагировавшими.

Энергию в АКБ вырабатывает химический источник энергии, и основная ее часть передается в нагрузку, а часть расходуется на нагрев батареи.

Мощность химического источника энергии равна произведению ЭДС батареи на величину разрядного тока:

$$P_x = E_B \cdot I.$$

Мощность аккумуляторной батареи представляет собой полезную мощность, отдаваемую батареей в нагрузку, измеряется в ваттах и определяется как произведение напряжения на клеммах батареи на величину разрядного тока

$$P_H = U_B \cdot I = (E_B - I \cdot r) I.$$

Часть мощности, вырабатываемой химическим источником тока, теряется внутри самой батареи и тратится на ее нагрев. Потери мощности на нагрев батареи соответствуют произведению падения напряжения на внутреннем сопротивлении батареи на значение разрядного тока:

$$P_{\Pi} = (I \cdot r)I = I^2 r.$$

Максимум отдаваемой батареей в нагрузку мощности будет иметь место при равенстве сопротивления нагрузки внутреннему сопротивлению аккумуляторной батареи.

В зимнее время нагрев батареи приводит к росту температуры активной массы и электролита и за счет нагрева батарея потом лучше работает в стартерном режиме разряда. Это свойство батареи используется на практике. Перед пуском двигателя в очень холодную погоду водитель включает на несколько минут ближний свет фар, а затем уже включает стартер.

Вольт-амперная характеристика батареи представляет собой зависимость напряжения на ее клеммах U_B от тока разряда I . АКБ обладает внутренним сопротивлением и по мере увеличения тока разряда напряжение на выводах батареи снижается (рис. 1.2). Снижение напряжения U_B происходит на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении батареи: $\Delta U_B = I \cdot r$.

Для построения вольт-амперной характеристики используют две экспериментальные точки. Первая точка – ток разряда $I=0$ и напряжение на выводах батареи, равное ЭДС – E_B . Вторая точка соответствует некоторому значению тока батареи $I=I_{\Pi}$ и напряжению на выводах U_{Π} : $U_{\Pi} = E_B - I_{\Pi} \cdot r$.

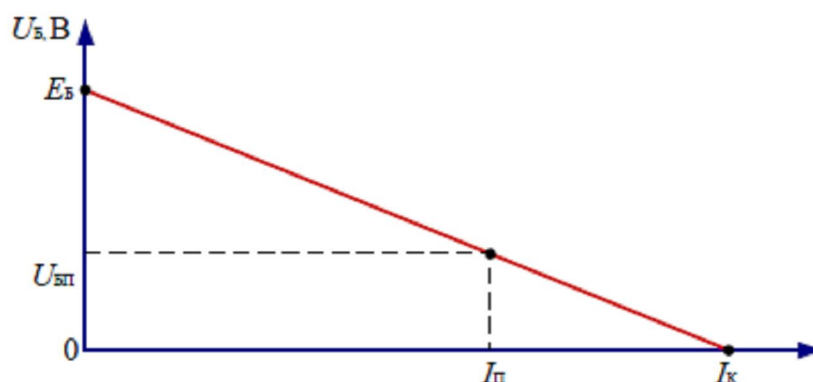


Рис. 1.2. Вольт-амперная характеристика батареи

По известным значениям E_B , U_{Π} , I_{Π} вычисляется величина внутреннего сопротивления батареи $r = (E_B - U_{\Pi}) / I_{\Pi}$ и ток короткого замыкания $I_K = E_B / r$.

Ток короткого замыкания отражает максимальную силу тока, который может выработать АКБ при замыкании клемм проводником с нулевым сопротивлением.

3. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКБ

3.1. Внешний осмотр

По внешнему осмотру определить чистоту поверхности крышек, наличие трещин, а также степень окисления выводных штырей.

3.2. Плотность электролита

В процессе эксплуатации или хранения плотность электролита изменяется. Соответственно изменяется и степень заряженности батареи, поэтому периодически желательно выполнять проверку плотности электролита АКБ (*материал 1.4*). Плотность АКБ измеряется с помощью ареометра (*иллюстрация 1.5 и 1.6*).

Для большей точности измерений необходимо учитывать температурную поправку. На каждый градус изменения температуры в показания ареометра следует вводить поправку равную 0,0007. Если температура выше +15°C, поправку к показаниям ареометра добавляют, если ниже – вычитают.

В исправных аккумуляторах плотность электролита в разных банках не должна отличаться более чем на 0,01.

Определить степень разряженности по измеренным значениям и данным табл. 1.2. С достаточной точностью можно принять, что уменьшение плотности электролита на 0,01 соответствует разряду аккумулятора на 6,25%.

Таблица 1.2

Зависимость плотности электролита от степени разряда аккумулятора

Степень разряда в %	Плотность электролита, приведенная к 15°C		
	Северные районы с t °C до – 40	Центральные районы с t °C до – 30	Южные районы
0	1,29	1,27	1,25
25	1,25	1,23	1,21
50	1,21	1,19	1,17
75	1,17	1,15	1,13

3.3. Напряжение под нагрузкой

Измерить с помощью нагрузочной вилки Э107 (аккумуляторный пробник) (рис. 1.3).

При проверке батареи щуп с острым наконечником (7) подключают к отрицательному выводу, а контактную ножку – к положительному выводу батареи.

Нагрузочные резисторы пробника Э107 соединены с щупом постоянно, а с контактной ножкой соединение осуществляется с помощью гайки. Щуп прикреплен к корпусу пробника с помощью гибкого изолированного провода.

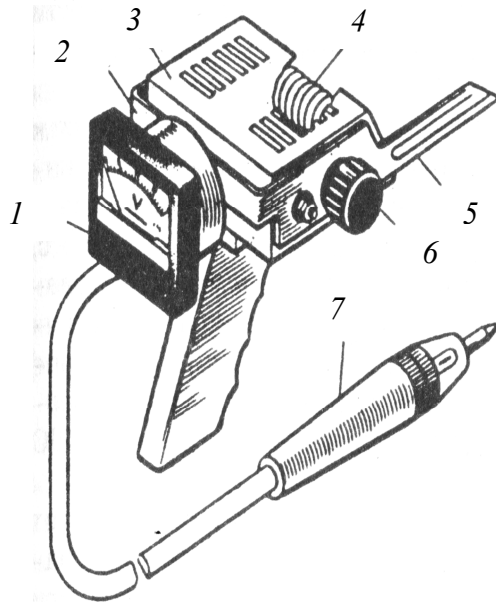


Рис.1.3. Аккумуляторный пробник – Э107:

1 – вольтметр; 2 – кронштейн; 3 – корпус; 4 – нагрузочный резистор;
5 – контактная ножка; 6 – контактная гайка; 7 – щуп

Сопротивление величиной $0,1 \pm 10\%$ Ом включается гайкой и при проверке аккумуляторов емкостью 40–65 А · ч. При этом сила тока достигает величины в несколько сот ампер.

Нужно помнить, что величина напряжения аккумулятора под нагрузкой зависит от степени заряженности аккумулятора, от состояния и степени сульфатации пластин. В сульфатированном аккумуляторе напряжение падает гораздо быстрее из-за большого внутреннего сопротивления и меньшей емкости аккумулятора.

При измерении напряжения острия контактных ножек плотно прижимаются к выводам проверяемого аккумулятора, чтобы контактные ножки прокололи свинцовую окисную пленку на поверхности

выводов и обеспечивали надежный электрический контакт. Время подключения нагрузки не должно быть больше 5 с, чтобы избежать перегрева нагрузочных резисторов. Батарея исправна, если напряжение под нагрузкой в конце 5-й с будет больше 8,9 В.

Сравнить измеренные значения с данными табл. 1.3.

Следует иметь в виду, что, если напряжение исправного и заряженного аккумулятора отличается от напряжения других аккумуляторов на 0,1 В или падает ниже 1,4 В, батарею требуется зарядить в стационарных условиях или отремонтировать.

Таблица 1.3

Проверка напряжения аккумулятора и степени его разряда после подключения пробника

Степень разряда в %	Напряжение аккумулятора под нагрузкой в конце 5-й с
0	1,8 – 1,7
25	1,7 – 1,6
50	1,6 – 1,5
75	1,5 – 1,4

3.4. ЭДС аккумулятора

Измерить напряжение на зажимах в режиме холостого хода (х.х). По данным табл. 1.4 определить степень разряженности аккумулятора или батареи, полагая что ЭДС всех аккумуляторов одинакова.

Таблица 1.4

Зависимость ЭДС аккумулятора без нагрузки (х.х.) и степени его разряда

Степень разряженности	ЭДС одного аккумулятора (В)	ЭДС батареи из 6 аккумуляторов (В)
Полностью заряженная батарея (сразу после окончания заряда)	2,10 – 2,12	12,60 – 12,72
Разряжена на 0 %	2,03 – 2,07	12,18 – 12,42
Разряжена на 25 %	1,99 – 2,03	11,94 – 12,18
Разряжена на 50 %	1,94 – 1,98	11,64 – 11,88
Разряжена на 75 %	1,85 – 1,92	11,1 – 11,52
Полностью разряжена	1,70 – 1,80	10,20 – 10,80

По данным измерения тока под нагрузкой и известным значениям ЭДС и R_n определить внутреннее сопротивление аккумулятора, построить вольт-амперную характеристику, а также характеристику

полезной мощности аккумуляторной батареи, определить по ним значения внутреннего сопротивления и максимальной мощности аккумуляторной батареи.

По полученным данным сделать вывод о пригодности стартерной аккумуляторной батареи к эксплуатации.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Описание лабораторного стенда

При выполнении лабораторной работы используются следующее оборудование и приборы:

- аккумуляторные батареи различной емкости;
- стеклянная трубка $\varnothing 5 \dots 8$ мм;
- денсиметр со шкалой $1,1 \dots 1,5$ г/см³;
- плотномер; термометр со шкалой $0 \dots +1000^{\circ}\text{C}$;
- цифровой вольтметр или вольтметр магнитоэлектрической системы со шкалой $0 \dots 15$ В и ценой деления $0,2$ В;
- аккумуляторные пробники Э107 и Э108 (нагрузочная вилка ЛЭ-2);
- 10%-ный раствор пищевой соды или нашатырного спирта, ветошь, приспособление для переноски батарей, резиновые фартуки, перчатки.

Аккумуляторный ареометр (рис. 1.4) предназначен для измерения плотности электролита аккумуляторных батарей. Ареометр содержит денсиметр 3, помещенный в стеклянную пипетку 2, на которую надета резиновая груша 1. Денсиметр имеет шкалу $1,1 \dots 1,3$ г/см³. Денсиметр со шкалой $1,1 \dots 1,3$ г/см³ проградуирован при температуре 250°C , поэтому его показания будут соответствовать действительным значениям плотности только при этой температуре. При измерении

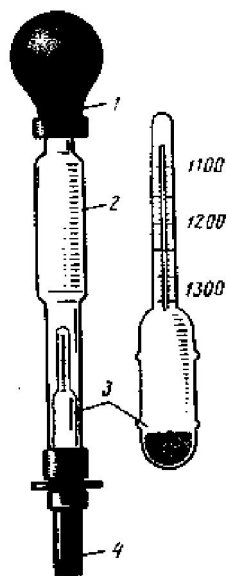


Рис. 1.4. Ареометр:

1 – резиновая груша; 2 – пипетка; 3 – денсиметр; 4 – трубка

плотности электролита, имеющего другую температуру, показания денсиметра будут иметь погрешность соответственно $0,7 \text{ г/см}^3$ на каждый градус изменения температуры.

Плотномер (рис. 1.5) состоит из резиновой груши 1, крышки 2, пластмассового прозрачного корпуса 3 с трубкой 5 и семи пластмассовых поплавков 4 с различными массами и коэффициентами расширения. Применение таких поплавков позволяет исключить погрешность измерения плотности при изменении температуры электролитов. Поплавок, регистрирующий плотность $1,27 \text{ г/см}^3$, окрашен. На корпусе против каждого поплавка выполнена надпись наименьшей плотности, при которой всплывает поплавок. Величину плотности определяют по тому всплывшему поплавку, против которого выполнена надпись с большей цифрой.

Определение плотности производят по положению поплавков через некоторое время после заполнения корпуса электролитом, что необходимо для выравнивания температуры электролита и поплавков.

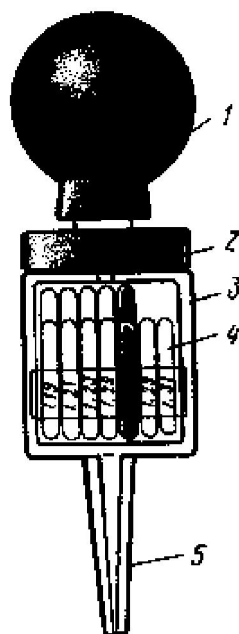


Рис. 1.5. Плотномер:
 1 – резиновая груша; 2 – крышка;
 3 – корпус; 4 – поплавки; 5 – трубка

Аккумуляторный пробник Э107 (рис. 1.6, а) предназначен для проверки работоспособности аккумуляторных батарей емкостью 55...190 А·ч со скрытыми межаккумуляторными соединениями, а также для измерения напряжения в автомобильных электрических цепях напряжением до 12 В. В кожухе 3 установлены два нагрузочных резистора 4, выполненных в виде спиралей из нихрома. К кронштейну 2 крепится по одному концу каждого резистора, проводник от щупа 7 и вольтметр 1. Резисторы 4 подключаются к выводу 5 при помощи контактной гайки 6. Сопротивление двух параллельно соединенных резисторов 0,1 Ом. На шкале вольтметра выполнена отметка на значении 8,9 В, что облегчает отсчет напряжения.

Аккумуляторный пробник Э108 (рис. 1.6, б) предназначен для проверки работоспособности аккумуляторов батарей емкостью 45...190 А·ч с внешними межаккумуляторными соединениями. Пробник состоит из кожуха 2, в котором установлены три нагрузочных резистора 4 из нихрома сопротивлением по 0,011 Ом (два из них соединены параллельно), вольтметра с двусторонней шкалой, контактной ножки 5, контактных гаек 3 и 6 и ручки 7. Контактными гайками включаются резисторы в соответствии с емкостью проверяемой батареи. На контактных ножках указан порядок включения резисторов.

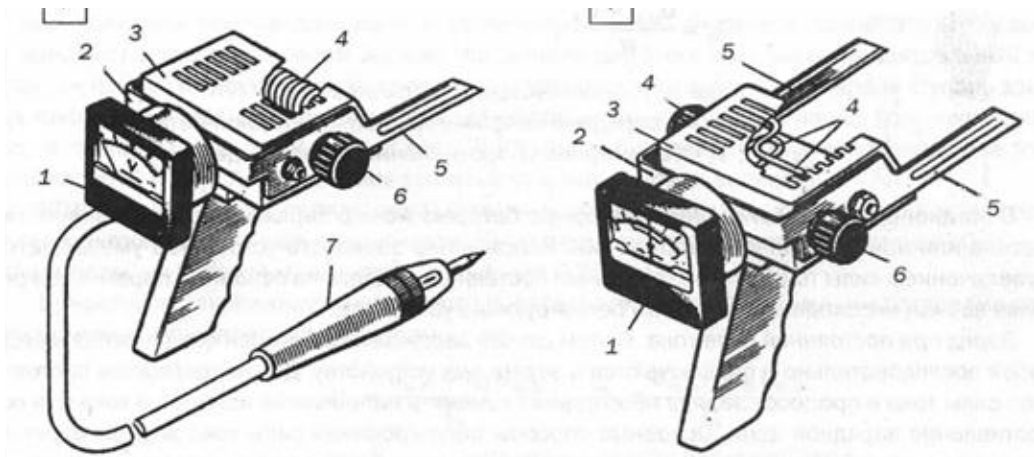


Рис. 1.6. Аккумуляторные пробники:
а – Э107; *б* – Э108;

1 – вольтметр; *2* – кожух; *3, 6* – контактные гайки; *4* – нагрузочный резистор;
5 – контактные ножки; *7* – ручка

Нагрузочная вилка ЛЭ-2 (рис. 1.7) предназначена для проверки работоспособности аккумуляторов батарей емкостью 40...135. В кожухе 3 расположены два нагрузочных резистора 4 и 7, резистор 7 (0,01 Ом) включается контактной гайкой 5, а резистор 4 (0,02 Ом) – гайкой 9.

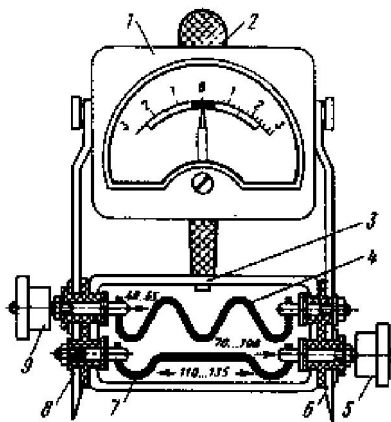


Рис. 1.7. Нагрузочная вилка ЛЭ-2:

1 – вольтметр; *2* – ручка; *3* – кожух; *4, 7* – нагрузочные резисторы;
5, 9 – контактные гайки; *6, 8* – контактные ножки

4.2. Порядок выполнения работы

1. Ознакомление с оборудованием для обслуживания и проверки технического состояния АБ.

Описание устройства приборов, применяемых для проверки технического состояния аккумуляторных батарей, дано в разделе 4.1.

При ознакомлении с приборами обращают особое внимание на необходимость введения температурной поправки при измерении плотности электролита ареометром, на правила пользования и включения резисторов аккумуляторных пробников и нагрузочных вилок при проверке аккумуляторов.

2. Внешний осмотр.

При внешнем осмотре определяют состояние моноблока, крышек, пробок, мастики, выводов батарей, обращают внимание на наличие электролита и состояние его поверхности. Моноблок и крышки должны быть очищены от грязи и следов электролита и не иметь трещин.

Загрязненные крышки и мастику протирают тканью, смоченной 10%-ным раствором пищевой соды или нашатырного спирта. Если моноблок и крышки имеют трещины, то батареи подлежат ремонту.

Проверяют и при необходимости прочищают вентиляционные отверстия в пробках.

Трещины в мастике устраняют оплавлением мастики нагретой стамеской или паяльником. Сильно поврежденную мастику заменяют. Покачиванием выводов определяют плотность их крепления в крышках. Окисленные выводы зачищают шкуркой или специальной щеткой и смазывают техническим вазелином или маслом для двигателя.

Наблюдая за поверхностью электролита, обращают внимание на выделение пузырьков газа. Наличие пузырьков свидетельствует об ускоренном саморазряде из-за загрязнения электролита посторонними веществами. Но при этом необходимо учитывать, что выделение газа происходит и при заряде батареи, поэтому вывод об ускоренном саморазряде можно сделать только тогда, когда прошло продолжительное время после заряда батареи или после снятия ее с автомобиля. При наличии саморазряда из-за загрязнения электролит заменяют. Перед этим батарею необходимо разрядить током, равным 0,1 емкости батареи до напряжения 1,2 В на одном аккумуляторе (или до 7,2 В на зажимах батареи).

Сливают электролит, предварительно замерив его плотность. Затем в аккумуляторы заливают чистый электролит той же плотности, которую имел загрязненный электролит после разряда, и заряжают батарею.

3. Измерение уровня электролита.

Уровень электролита в аккумуляторах должен быть на 10...15 мм (у аккумуляторной батареи 6СТ- 55 на 5...10 мм) выше предохранительного щитка.

Уровень электролита измеряют стеклянной трубкой диаметром 6 – 8 мм и длиной 100...120 мм, которая вертикально опускается в аккумулятор до упора в предохранительный щиток, затем закрывается сверху пальцем и приподнимается.

Если уровень электролита ниже нормального, то в аккумуляторы заливают дистиллированную воду, если выше, то электролит отбирают резиновой грушей во избежание его расплескивания при эксплуатации батареи.

Доливку воды в аккумуляторы производят непосредственно перед зарядом батареи, а на автомобиле – при работающем двигателе. Несоблюдение этого требования может вызвать замерзание воды в аккумуляторах и ускоренный саморазряд из-за разной плотности электролита в верхней и нижней частях аккумулятора.

Необходимо помнить, что после доливки воды без заряда плотность электролита замерить невозможно.

Нельзя повышать уровень доливкой в аккумуляторы электролита, так как это приведет к повышению его плотности. Электролит доливают только в случае вытекания (например при опрокидывании батареи). По цвету электролита в измерительной трубке можно судить о его загрязненности. Электролит бурого цвета свидетельствует об осыпании активного вещества «плюсовых» электродов аккумулятора.

4. Измерение плотности электролита.

Плотность электролита в каждом аккумуляторе измеряют ареометром. Для измерения плотности электролита необходимо с помощью резиновой груши ареометра несколько раз (для удаления пузырьков воздуха со стенок пипетки) набрать электролит в пипетку до всплытия денсиметра (см. рис. 1.4). Не вынимая пипетку из аккумулятора и не допуская касания денсиметром стенок пипетки по нижней части мениска электролита в пипетке по шкале денсиметра, определяют плотность электролита. Допускается отклонение плотности электролита в аккумуляторах одной батареи не более чем на $0,01 \text{ г/см}^3$. При большем отклонении батарею нужно зарядить. Для определения величины температурной поправки необходимо измерить температуру электролита.

5. Измерение напряжения под нагрузкой.

Напряжение каждого аккумулятора под нагрузкой, близкой к стартерной, измеряется аккумуляторным пробником Э108 или нагрузочной вилкой ЛЭ2.

При использовании пробника Э108 (см. рис. 1.6,б) необходимо:

- затянуть гайку 6 и отвернуть гайку 3 при проверке аккумуляторов батарей емкостью 45...100 А · ч ;

- затянуть гайку 3, и отвернуть гайку 6, если емкость батареи 100...145 А · ч ;

- затянуть обе гайки до упора, если емкость батареи 145...190 А · ч .

Испытывая аккумуляторы, плотно прижимают острия ножек к выводам проверяемого аккумулятора (рис. 1.8) и в конце пятой секунды определяют напряжение по вольтметру. На сильно окисленных выводах необходимо сделать царапины ножками приборов для создания надежного электрического контакта. Так как величина тока разряда близка к стартерной, повторные измерения напряжения под нагрузкой будут несколько ниже вследствие частичного разряда аккумуляторов. Увеличивать время проверки аккумулятора нельзя, так как это повлечет за собой получение неверного результата измерений.

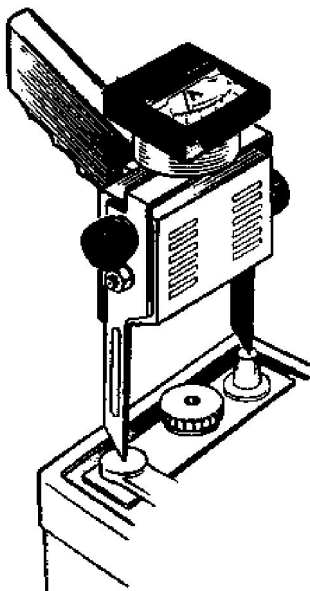


Рис. 1.8. Измерение напряжения АБ под нагрузкой

При проверке под нагрузкой аккумуляторной батареи со скрытыми переключками пробником Э107 заворачивают до упора контактную гайку 6 (см. рис. 1.6, а). Затем острие контактной ножки плотно

прижимают к плюсовому выводу проверяемой батареи, а штырь щупа 7 – к минусовому (рис. 1.9).

6. Измерение ЭДС двух соседних аккумуляторов.

При измерении ЭДС двух соседних аккумуляторов плюсовой зажим вольтметра соединяют с плюсовым выводом одного аккумулятора, а минусовый зажим с минусовым выводом соседнего аккумулятора.

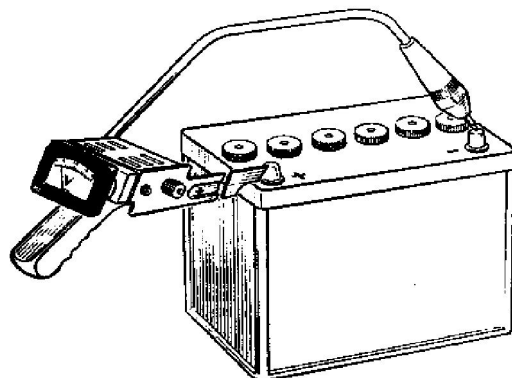


Рис 1.9. Измерение напряжения аккумулятора под нагрузкой

4.3. Обработка и оформление результатов исследований

По полученным результатам экспериментальных исследований и расчётным данным составляется протокол исследований (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Протокол экспериментальных исследований

Номер аккумулятора	1	2	3	4	5	6
Уровень электролита, мм						
Плотность электролита после последней зарядки, г/см ³						
Плотность электролита (измеренная), г/см ³						
Температура электролита, °С						
Температурная поправка, г/см ³						
Плотность электролита, приведенная к 25°С, г/см ³						
ЭДС аккумулятора, рассчитанная по плотности электролита, В						
Степень разряженности по плотности, %						
ЭДС аккумулятора, измеренная вольтметром, В						
ЭДС двух соседних аккумуляторов, В						
Напряжение под нагрузкой, В						

4.4. Содержание отчета

1. Название, цель и задачи лабораторной работы.
2. Таблица с результатами проверки (см. табл. 1.5).
3. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы и задания

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 пластине, отрицательной пластине 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 % сурьмы?
9. Какие существуют 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 номинальное 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 и какова его плотность?
18. Как готовится электролит для свинцовой аккумуляторной батареи?
19. Указать причины саморазряда аккумуляторной батареи.
20. Какие существуют способы заряда аккумуляторных батарей? Указать их преимущества и недостатки.
21. Указать 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. Указать 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?

Лабораторная работа №2 СИСТЕМА ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ

1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы: ознакомиться с конструкцией, принципом действия и методикой проверки системы пуска двигателя.

Задачи работы:

1. Изучить основные узлы стартера.
2. Получить навыки работы с диагностическим оборудованием.
3. Освоить способы определения неисправностей элементов системы пуска двигателя.

Оборудование и оснащение:

1. Стартер (исследуемый + в качестве наглядного пособия).
2. Стенд Э242.
3. Комплект соединительных проводов.
4. Штангенциркуль.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

2.1. Общие сведения

Система пуска двигателя должна обеспечивать надежный пуск двигателя в заданном диапазоне внешних параметров (температура, влажность, давление), например, низкие температуры влияют на вязкость моторного масла, воспламеняемость горючей смеси и т. п. Во время пуска пусковое устройство преодолевает силы трения и силы инерции движущихся масс стартера и двигателя. Часть энергии тратится на привод вспомогательных механизмов.

Для надежного пуска карбюраторного двигателя необходимо обеспечить частоту вращения коленчатого вала от 40 до 85 об/мин (в зависимости от внешних параметров).

Надежный электростартерный пуск – это пуск двигателя, оборудованного всеми навесными агрегатами, на основном топливе при использовании заряженных на 75% штатных АКБ не более чем за 3 попытки пуска (по 10 сек с 1 мин перерывом).

В системах управления электростартером предусмотрены электромагнитные тяговые реле, дополнительные реле и реле блокировки, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отклю-

чение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе (рис. 2.1).

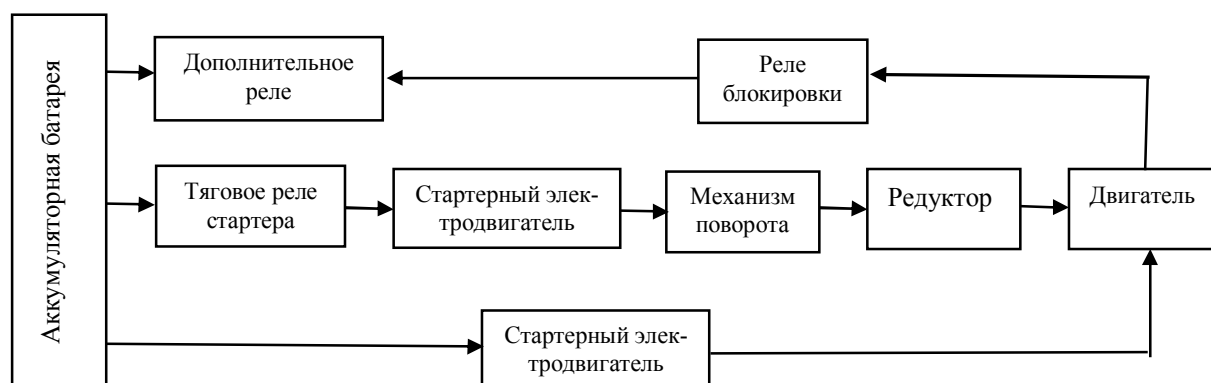


Рис. 2.1. Структурная схема системы пуска

2.2. Устройство и принцип действия стартера

Стартерный электродвигатель получает питание от аккумуляторной батареи через замкнутые контакты 2 (рис.2.2) тягового электромагнитного реле. При замыкании контактов выключателя S приборов и стартера, дополнительного реле или реле блокировки втягивающая 3 и удерживающая 4 обмотки тягового реле подключаются к аккумуляторной батарее GB. Якорь 5 тягового реле притягивается, сжимая пружину между якорем и сердечником электромагнита. С помощью штока 6 и рычага 7 механизма привода вводит шестерню 10 в зацепление с зубчатым венцом 11 маховика двигателя.

В конце хода якоря 5 контактная пластина 2 замыкает силовые контактные болты 1, и стартерный электродвигатель 12, получая питание от аккумуляторной батареи, приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

После пуска двигателя муфта свободного хода 9 предотвращает передачу вращающего момента от маховика к валу якоря электродвигателя. Шестерня привода не выходит из зацепления с венцом маховика до тех пор, пока замкнуты контактные болты 1. При размыкании выключателя S втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле подсоединяются к аккумуляторной батарее последовательно через силовые контактные болты 1. Так как число витков у обеих обмоток одинаково и по ним при последовательном соединении проходит один и тот же ток, обмотки при разомкнутом выключателе S создают

два равных, но противоположно направленных магнитных потока. Сердечник электромагнита размагничивается, возвратная пружина перемещает якорь 5 реле в исходное нерабочее положение и выводит шестерню 10 из зацепления с зубчатым венцом маховика. При этом размыкаются и силовые контактные болты 1.

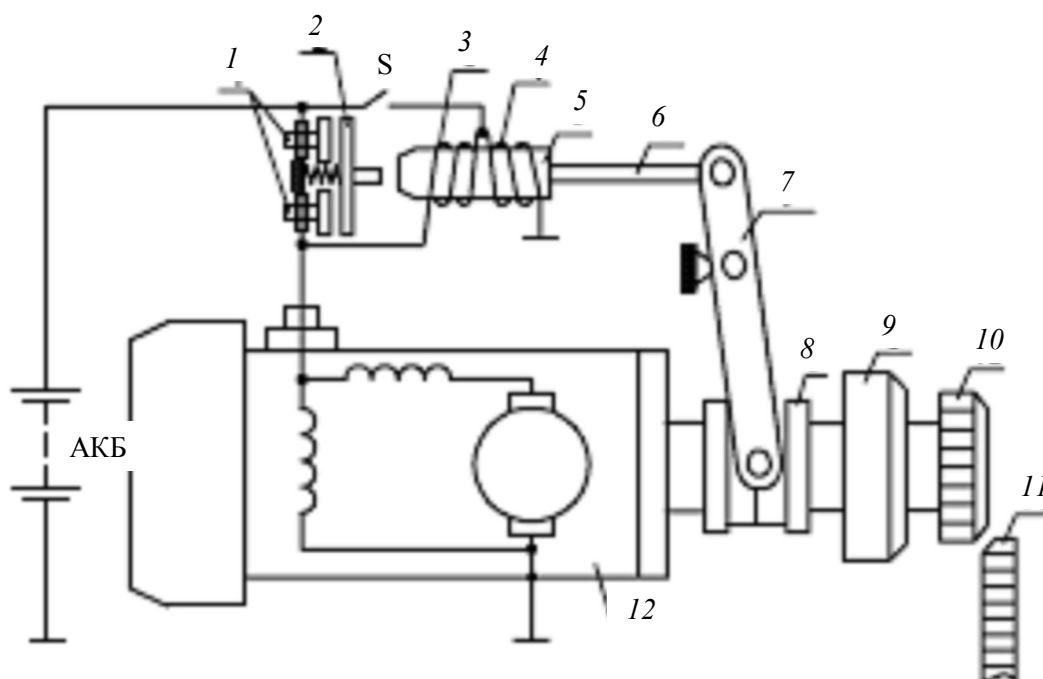


Рис. 2.2. Схема включения электростартера

2.3. Конструкция стартера

Конструктивно электростартер объединяет в себе электродвигатель и механизм привода с электромагнитным тяговым реле, муфтой свободного хода и шестерней понижающего редуктора. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор, если передаточное число от шестерни привода к венцу маховика недостаточно. Электростартеры классифицируют по способу возбуждения электродвигателя (последовательного, смешанного, с возбуждением от постоянных магнитов), типу привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от окружающей среды. Рассмотрим особенности конструкции стартеров на конкретных примерах.

Стартер СТ130-А3 состоит из трех основных узлов: электродвигатель, тяговое реле и механизм привода. Устройство стартера показано на рис. 2.3.

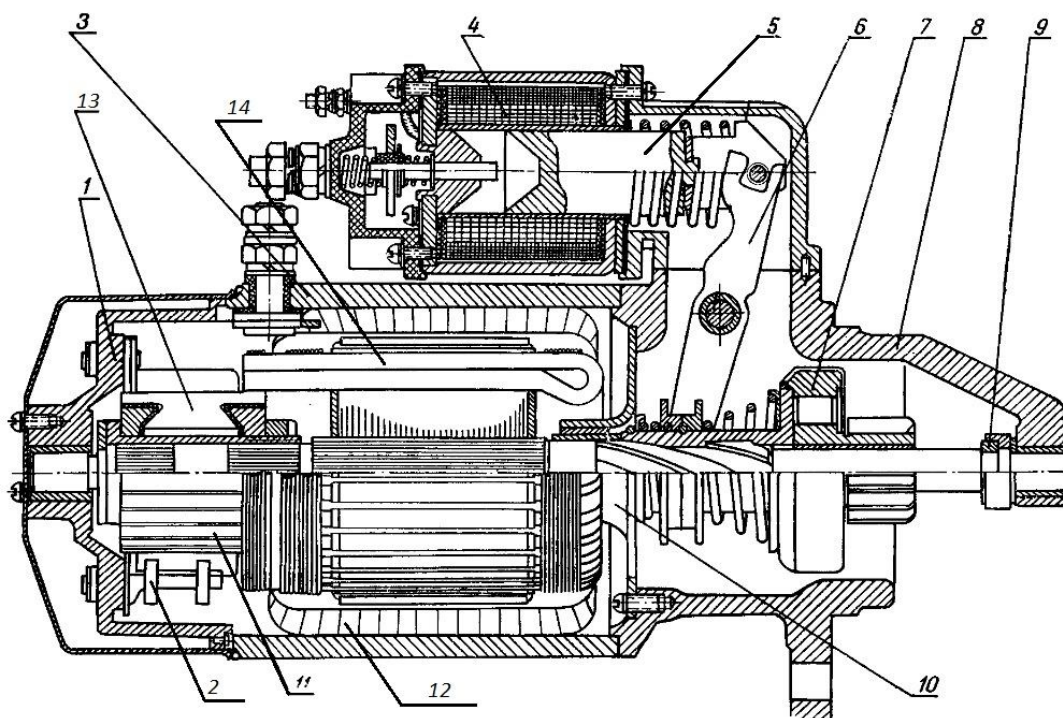


Рис. 2.3. Стартер СТ 130-А3 с принудительным электромеханическим перемещением шестерни привода и роликовой муфтой свободного хода:

1 – крышка со стороны коллектора; 2 – щеточный механизм; 3 – корпус стартера; 4 – удерживающая и втягивающая обмотки тягового реле; 5 – сердечник якоря тягового реле; 6 – рычаг включения привода; 7 – роликовая муфта свободного хода; 8 – крышка со стороны привода; 9 – упорное кольцо; 10 – вал якоря с винтовыми шлицами; 11 – коллектор; 12 – катушка обмотки возбуждения; 13 – контактная пластина коллектора (ламель); 14 – обмотка якоря

2.3.1. Электродвигатель стартера

Корпус 3 стартера является частью магнитной системы электродвигателя, служит несущей конструкцией для крышек, воспринимает вращающий момент и передает его элементам крепления стартера на двигателе. К корпусу винтами прикреплены полюсы – на стартере их четыре. Полюсы состоят из магнитопровода и полюсных наконечников. Для обеспечения постоянного воздушного зазора по окружности между полюсами и якорем полюсы растачивают.

На полюсах располагаются катушки обмотки возбуждения. На стартерных электродвигателях применяются параллельные и последовательные обмотки возбуждения. Обычно стартер имеет последовательное (сериесное) возбуждение. Для улучшения его характеристик применяют одновременно последовательное и параллельное (компаундное) возбуждение – смешанное. В первом случае достига-

ется максимально возможный крутящий момент в режиме полного торможения, но сильно возрастают обороты холостого хода и, следовательно, износ подшипников (втулок). Во втором случае развивается меньший крутящий момент и хуже пусковые качества стартера, зато снижаются максимальные обороты и уменьшается потребляемая от батареи мощность.

Число катушек равно числу полюсов. Для намотки последовательной обмотки возбуждения используют неизолированный медный провод прямоугольного сечения. Между витками проложен электроизоляционный картон толщиной 0,2...0,4 мм. Они содержат 5...10 витков провода и обладают малым сопротивлением. Эти обмотки соединяются друг с другом параллельно, и по ним проходит весь ток стартера.

В стартерах со смешанным возбуждением (СТ221 и др.) для намотки катушек параллельной обмотки возбуждения применяют круглый изолированный провод с эмалевой изоляцией. Эти обмотки содержат от 100 до 200 витков провода. Обычно один вывод параллельной обмотки соединяется с корпусом и подключается к массе. Внешняя изоляция представляет собой хлопчатобумажную ленту, которую для повышения электрической и механической прочности пропитывают лаком.

Якорь стартера имеет шихтованный сердечник в виде пакета стальных пластин толщиной 1,0... 1,2 мм, что уменьшает потери на вихревые токи. Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона предохраняют от повреждения изоляцию лобовых частей обмотки якоря 14. В электродвигателях стартеров применяют простые волновые и петлевые обмотки с одно- и двухвитковыми секциями. Большее распространение получили волновые обмотки, обладающие рядом преимуществ по сравнению с петлевыми – лучшие массогабаритные показатели, отсутствие специальных уравнивательных соединений. Концы секций обмотки якоря укладывают в прорези петушков коллекторных ламелей, чеканят и соединяют с коллекторными ламелями пайкой.

Коллектор 11, составленный из медных ламелей, является наиболее ответственным узлом электродвигателя. Коллекторы подвергаются значительным электрическим, тепловым и механическим нагрузкам. В стартерах применяют сборные цилиндрические коллекторы на металлической втулке (стартеры большой мощности), а также цилиндрические и торцовые с пластмассовым корпусом.

Через щеточный механизм 2 подключаются обмотки якоря к цепи электродвигателя стартера.

2.3.2. Тяговое реле стартера

Назначение тягового реле отражено в его названии. Тяговое реле обеспечивает втягивание сердечника электромагнита и ввод шестерни стартера в зацепление с зубчатым венцом маховика (тяговое), а также замыкание контактов и подачу тока к электродвигателю (реле).

Тяговое реле содержит обычный электромагнит. В электромагните применяются две обмотки – втягивающая и удерживающая 4 (см. рис. 2.3). Втягивающая обмотка содержит небольшое число витков толстого провода диаметром 1..1,5 мм и потребляет ток 30 А и более. Удерживающие обмотки наматываются тонким проводом и потребляют ток, не превышающий 12 А. Один вывод втягивающей обмотки подключается к изолированной клемме управления, а второй к силовой клемме реле, соединенной с электродвигателем. Один провод удерживающей обмотки соединяется с корпусом электромагнита (масса), а второй подключен к той же изолированной клемме управления.

В сердечник реле вворачивается шпилька и на ней устанавливается подвижная контактная пластина. Пластина изготавливается из листовой меди и рассчитана на пропускание большого тока стартера. Пластина изолируется от шпильки текстолитовыми шайбами и выдвигается в крайнее правое положение электромагнитом. При срабатывании реле плотное и равномерное прилегание пластины к мощным неподвижным контактам обеспечивается пружинами, установленными между пластиной и текстолитовыми шайбами.

С правой стороны тяговое реле закрывается пластмассовой крышкой (см. рис. 2.3). Крышка крепится к электромагниту винтами. В отверстиях крышки устанавливаются два силовых, медных неподвижных контакта, через которые подводится электрический ток к электродвигателю. Контакты изготавливаются как одно целое с контактными болтами и фиксируются медными гайками. Один контакт напрямую подключается к аккумуляторной батарее, а второй к электродвигателю. Материал контактов не допускает применение больших усилий при закручивании гаек для подключения соединительных проводов. Неподвижные контакты при работе стартера подвергаются действию больших токов, при нагревании окисляются и в эксплуатации их приходится зачищать.

Тяговое реле закрепляется на стартере со стороны привода на крышке 8 с помощью трех стяжных шпилек. Места соединения герметизируются прокладками и фигурными резиновыми уплотнениями.

2.3.3. Привод стартера. Муфта свободного хода

Автомобильные стартеры, имея идентичные по конструкции электродвигатели, могут существенно отличаться по конструкции приводных механизмов.

На отечественных автомобилях применяются стартеры с принудительным вводом шестерни в зацепление. Для предотвращения разноса якоря после пуска ДВС на валу стартера устанавливается муфта свободного хода, которая передает усилие от якоря к шестерне и проскальзывает, когда шестерня вращается маховиком двигателя.

Надежность работы муфт свободного хода снижается с повышением мощности стартера. Поэтому в стартерах большой мощности устанавливают комбинированные приводные механизмы с принудительным вводом шестерни в зацепление и ее автоматическим инерционным выключением. Преимуществами инерционных приводов являются относительная простота конструкции, малые размеры и стоимость. Однако включение шестерни сопровождается значительными ударными нагрузками, что ограничивает область их применения стартерами мощностью до 1 кВт.

Зацепление шестерни при осевом перемещении якоря за счет магнитодвижущей силы полюсов стартерного электродвигателя используется за рубежом на стартерах мощностью 3 ... 5 кВт. Стартеры обладают компактной конструкцией, хорошо komponуются на двигателях, но имеют повышенный расход меди.

В плунжерных роликовых муфтах (рис. 2.4) при увеличении частоты вращения (в режиме обгона) действующая на ролики 1 центробежная сила возрастает, а момент трения между роликами и ведомой обоймой 14 уменьшается. Под действием центробежной силы ролики, преодолевая сопротивление прижимных пружин 3, перемещаются в широкую часть клиновидного пространства. При этом муфта проскальзывает и предохраняет стартер от разноса. Однако при неустойчивом пуске, когда возникают пропуски воспламенения в отдельных цилиндрах ДВС, создаются значительные ускорения. При этом действующие на ролики центробежные силы достигают больших зна-

чений и могут превысить создаваемые прижимными пружинами усилия, что вызывает динамическую пробуксовку муфты.

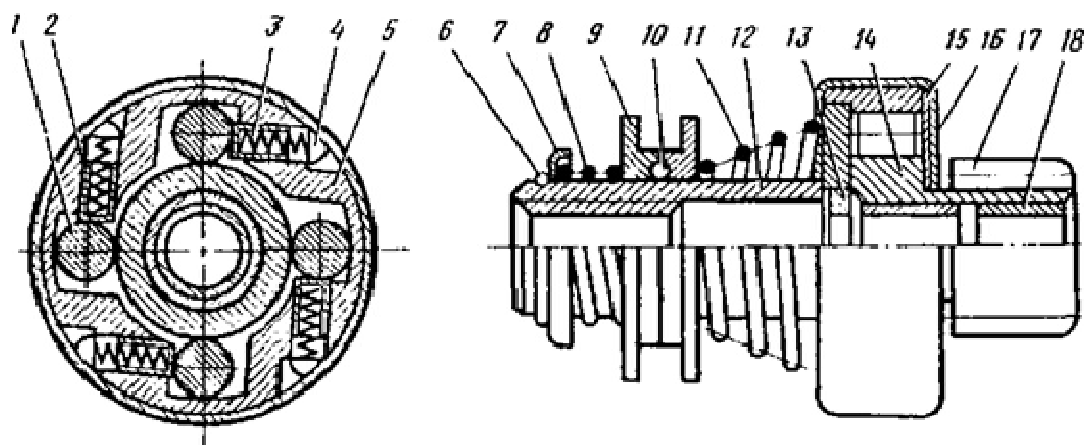


Рис. 2.4. Привод стартера с плунжерной роликовой муфтой свободного хода:
 1 – ролики; 2 – плунжер; 3 и 9 – соответственно прижимная и буферная пружины; 4 – упоры пружины; 5 и 14 – соответственно наружная ведущая и ведомая обоймы; 6 и 10 – замковые кольца;
 7 – чашка; 8 – пружина; 9 – втулка отвода;
 12 – шлицевая направляющая втулка; 13 – центрирующее кольцо;
 15 – металлическая пластина; 16 – кожух муфты; 17 – шестерня привода;
 18 – вкладыш

2.4. Характеристики стартера

Свойства электростартеров оценивают по рабочим и механическим характеристикам. Рабочие характеристики представляют в виде зависимостей напряжения на зажимах стартера $U_{ст}$, полезной мощности P_2 на валу, полезного вращающего момента M_2 , частоты вращения якоря n_a и КПД стартерного электродвигателя от силы тока якоря I_a (рис. 2.5).

По ГОСТ 37.003.084–88 нормируют наибольшую полезную мощность (номинальную), максимальный крутящий момент, частоту вращения якоря и ток стартера в режиме холостого хода.

Наибольшая полезная мощность определяется в кратковременном режиме работы при питании от аккумуляторной батареи максимально допустимой емкости. По ГОСТ 37.003.084–88 эта мощность определяется при 100% степени заряженности батареи и температуре электролита 20 °С. Чем больше мощность, тем лучше стартер.

Непосредственное измерение наибольшей полезной мощности в условиях автотранспортных предприятий – технически сложная задача. Поэтому на практике, как правило, используется простой метод

расчета указанной мощности на основе баланса напряжений в стартерной цепи.

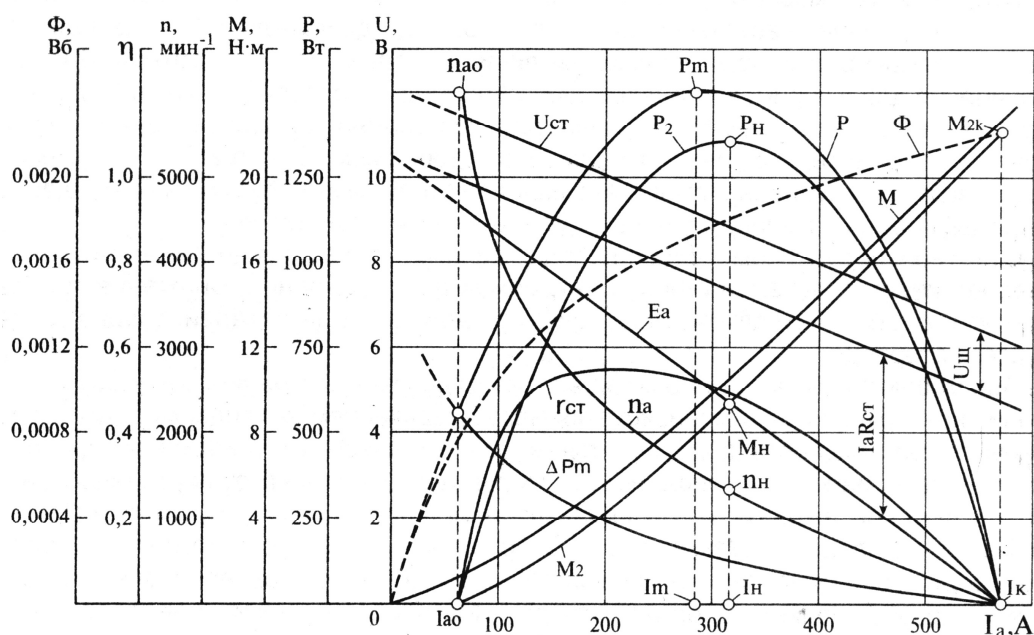


Рис. 2.5. Рабочие характеристики стартерного электродвигателя с последовательным возбуждением

Максимальный крутящий момент измеряется в режиме полного торможения – вал стартера неподвижен. Для обеспечения надежного пуска двигателя, особенно в холодное время года, крутящий момент должен быть большим.

Частота вращения якоря в режиме холостого хода зависит от схем подключения обмоток статора. Отклонение измеренной частоты вращения от паспортной величины в сторону уменьшения указывает на значительные механические потери, на трение в подшипниках и др.

Ток стартера в режиме холостого хода также отражает наличие механических потерь на вращение якоря. С ростом потерь потребляемый ток на холостом ходу увеличивается. Однако ток в режиме холостого хода резко увеличивается при наличии межвитковых замыканий обмоток статора или якоря, а также в случае разрывов электрических цепей в этих обмотках.

Максимальный крутящий момент, частота вращения якоря и ток стартера в режиме холостого хода замеряются при испытаниях стартера на стендах.

Основные технические характеристики стартера приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технические характеристики стартера СТ 130

Контролируемые параметры	Диапазоны показаний	Диапазоны измерений	Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %
1	2	3	4
1. Частота вращения, об/мин	0 – 10000	2000 – 10000	±3
2. Сила постоянного тока, А	0 – 5 0 – 50 0 – 150	0 – 5 0 – 40 0 – 125	±2,5
	0 – 500 0 – 1500	0 – 300 0 – 1000	±4
3. Напряжение постоянного тока, В	0 – 20 0 – 40	4 – 16 8 – 32	±1,5
	12 – 16 24 – 32	13 – 15 26 – 30	±0,1 В ±0,2 В
4. Крутящий момент, Н·м	0 – 25 0 – 100	10 – 20 20 – 80	±10
5. Сопротивление крутящему току Ом		1 – 100 10 – 1000 100 – 10000 1000 – 100000	±4 (от длины рабочей части шкалы)

2.5. Основные неисправности стартеров и их признаки

Неисправности, возникающие в системе пуска, характеризуются следующими основными признаками:

- стартер включается, а затем самопроизвольно отключается;
- не включается тяговое реле стартера;
- тяговое реле включается, но якорь электродвигателя стартера не вращается;
- электродвигатель стартера не развивает необходимую мощность, электродвигатель стартера работает, а коленчатый вал двигателя не вращается;
- повышенный шум при включении стартера;
- стартер не выключается после пуска двигателя.

Проверка стартера может выполняться как непосредственно на автомобиле, так и после демонтажа на стенде (*Видео 2.1, 2.2*).

3. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

3.1. Описание лабораторного стенда

Контрольно-испытательный стенд модели Э242 (рис.2.6) предназначен для контроля технического состояния и регулировки снятого с автомобилей, тракторов и других транспортных средств и сельхозтехники электрооборудования в условиях электроцехов автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания автомобилей.

Стенд позволяет выполнить:

- испытание стартеров с номинальным напряжением 12 и 24 В мощностью до 11 кВт (15 л. с.) в режиме холостого хода и в режиме полного торможения;
- испытание генераторов постоянного и переменного тока мощностью до 6,5 кВт в режиме холостого хода и под нагрузкой величиной до 3 кВт. Генераторы постоянного тока также могут быть испытаны в режиме двигателя;
- проверку и регулировку реле-регуляторов к генераторам;
- проверку на работоспособность реле-прерывателей указателей поворотов, тяговых реле стартеров и коммутационных реле;
- проверку электродвигателей вспомогательных механизмов автомобиля;
- проверку обмоток якорей;
- измерение сопротивлений;
- контроль изоляции цепей низкого напряжения;
- проверку исправности полупроводниковых приборов.

Основание стенда закрывается легкоъемными крышками.

Внутри основания расположены: силовой источник питания 1; источник питания цепей контроля, управления, измерения и сигнализации 2; блок нагрузки 3; приводной электродвигатель 4; автоматический выключатель сети 5 (Q).

Сверху на основании установлены: натяжное устройство 10 для крепления проверяемых генераторов, промежуточный привод 11 и тормозное устройство 14 для установки и проверки стартеров. Для подъема и транспортирования стенда в плите стола тормозного устройства имеется резьбовое отверстие под рым-болт.

Спереди, на панели управления, расположены: резистор-регулятор выходного напряжения источника питания 6 (R12), сиг-

нальная лампа включения сети 7 (HL2), предохранитель 8 (F), переключатель режимов работы 9 (S2), реостат нагрузки 15 (R6), кнопки «Пуск» и «Стоп» 16 (SB2) и 17 (SB1), переключатель нагрузки 18 (S3) и клемма для подключения проверяемых стартеров 19 (Кл6).

Справа (см. рис.2.6) установлен реостат 20 (R3), который служит для ограничения тока при проверке стартеров в режиме полного торможения и включается последовательно со стартером. Конструктивно реостат состоит из четырех шин из сплава высокого омического сопротивления, по которым скользит ползун. Положение ползуна определяет сопротивление реостата – при движении ползуна вправо сопротивление реостата уменьшается.

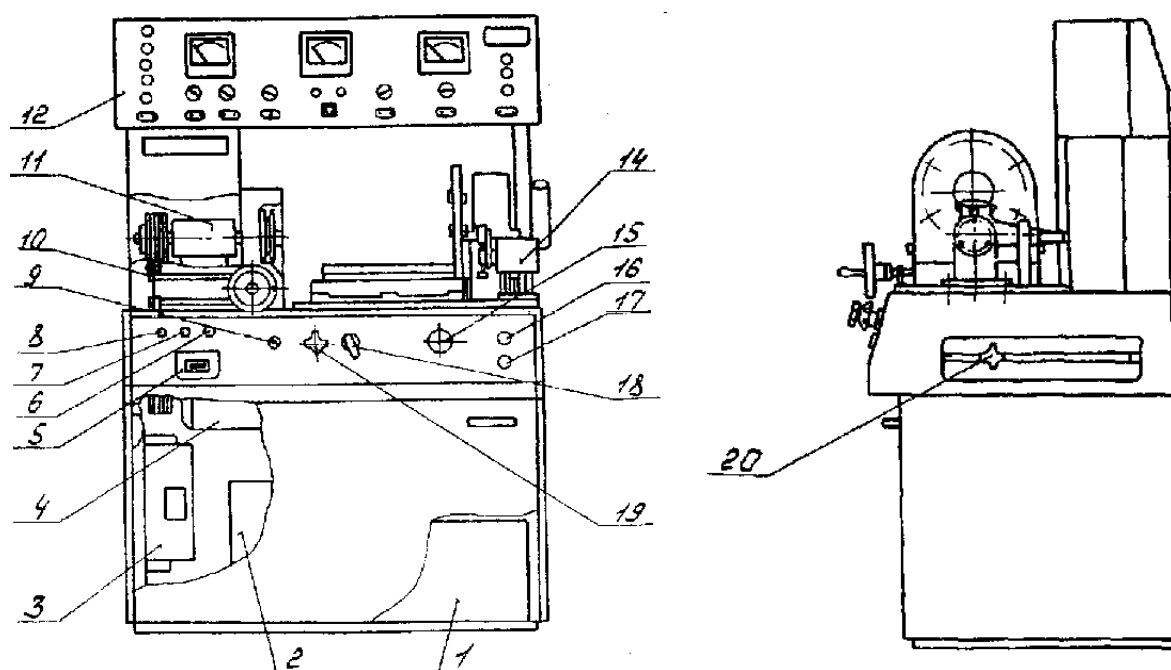


Рис. 2.6. Стенд контрольно-испытательный Э 242

Панель приборов 12 выполнена откидной, на петлях, и вместе с кожухом крепится на двух стойках.

На правой стойке вверху установлена розетка разъема осветителя строботачометра 13 (XS3), внизу розетка разъема датчика силы (XS6), а на крышке карман для укладки осветителя во время эксплуатации стенда. На левой стойке имеются штыри для установки площадки под реле-регуляторы.

На панели приборов (рис. 2.7) расположены:

– клеммы для подключения проверяемого электрооборудования 1 (Кл1...Кл5);

- переключатель вольтметра 2 (S4), коммутирующий подключение вольтметра к розеткам 21 (XS17 и XS18), к нагрузке (клеммы Кл 2 и Кл 4) и к розетке 22 (XS16);
- вольтметр 3 (P2);
- переключатель пределов измерения вольтметра 4 (S5);
- переключатель режимов работы стенда 5 (S7) с дополнительными положениями, указывающими модуль и число зубьев шестерни стартера, проверяемого в режиме полного торможения;
- комбинированный прибор (омметр, тахометр, измеритель крутящего момента, индикатор КЗ витков) 6 (P1);
- переключатель режимов работы комбинированного прибора 7 (S1);

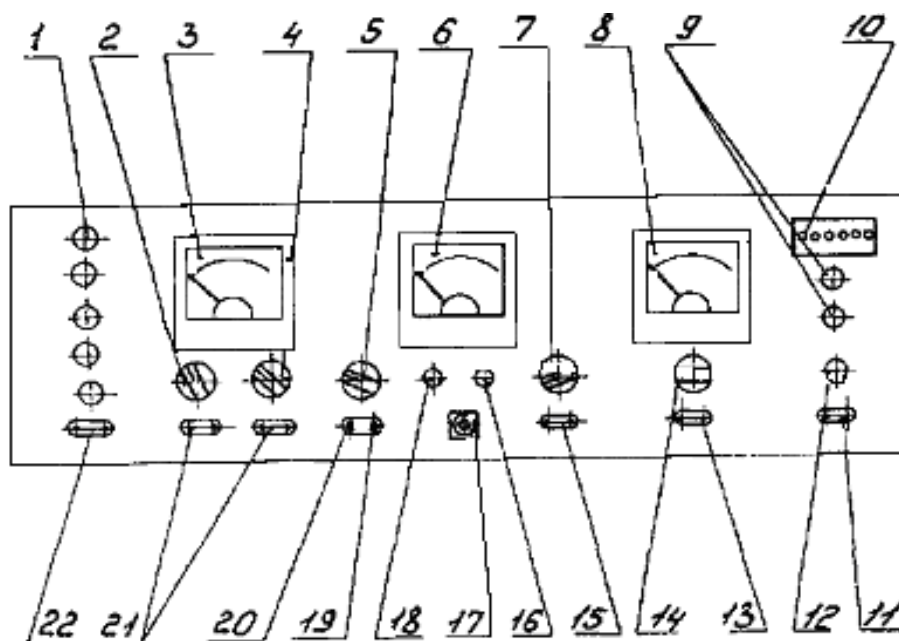


Рис. 2.7. Панель приборов

- амперметр 8 (P3);
- лампы индикации режима работы стенда 9 («24 V» — HL3; «12V» — HL4);
- контрольные гнезда 10 (XS7...XS12);
- розетка 11 (XS14) для контроля изоляции (под табличкой с обозначением модели);
- индикатор контроля изоляции 12 (HL1). Он же является индикатором перегрузки или КЗ во вторичной цепи силового источника питания;

- розетка 13 (XS15) для подключения амперметра 8 в качестве индикатора разницы напряжений (разбаланса) при настройке сдвоенных регуляторов напряжения;
- переключатель пределов измерения амперметра 14 (S6) с дополнительными положениями для измерения напряжения разбаланса (подключение к розетке 13 через ограничительные резисторы и диоды);
- розетка омметра 15 (XS13);
- резистор установки «нуля» омметра 16 (R1);
- розетка для включения устройства проверки якорей 17 (XS4);
- резистор установки «Грубо» частоты вспышек лампы осветителя строботачометра 18 (K13);
- подстроечный резистор 19 (R3, A3) для установки «нуля» измерителя крутящего момента (балансировки моста). Установка «нуля» производится на заводе-изготовителе, и при необходимости в процессе эксплуатации стенда;
- подстроечный резистор 20 (R1, A3) для калибровки измерителя крутящего момента. Калибровка производится на заводе-изготовителе и при необходимости при ремонтах и регулировке стенда в процессе эксплуатации;
- розетка вольтметра 21 (XS17, XS18);
- розетка 22 (XS16) – выход регулируемого напряжения постоянного тока с источника питания.

3.2. Проверка технического состояния стартера на стенде

Техническое состояние стартеров характеризуется следующими параметрами:

- частотой вращения при заданном токе потребления в режиме холостого хода;
- тормозным моментом при заданном токе потребления в режиме полного торможения.

3.2.1. Проверка напряжения включения и потребляемого тока реле стартера

Установить стартер на стенд. Подключить стартер к стенду как показано на рис. 2.8, в зависимости от типа электрической схемы

стартера. Отсоединить перемычку, идущую от главных контактов к электродвигателю.

Установить переключатели стенда в следующие положения: S7-1, S6-150А, S3-30А, S4-1, S2 в положение, соответствующее номинальному напряжению стартера. Включить стенд. Нажать кнопку SB2. Переключателем S3 и реостатом нагрузки увеличивать напряжения до срабатывания реле стартера.

Тяговое реле должно выдвинуть шестерню привода до упора, контакты главной цепи должны замкнуться, при этом, если главные контакты находятся в нормальном состоянии, показание вольтметра должно быть равно нулю. Допустимое падение напряжения на главных контактах 0,1В на каждые 100А протекающего через них тока нагрузки. Для замера падения напряжения используется амперметр, который в крайнем правом положении переключателя S6 работает как вольтметр с пределом измерения 1,5В, для его подключения служит розетка XS15.

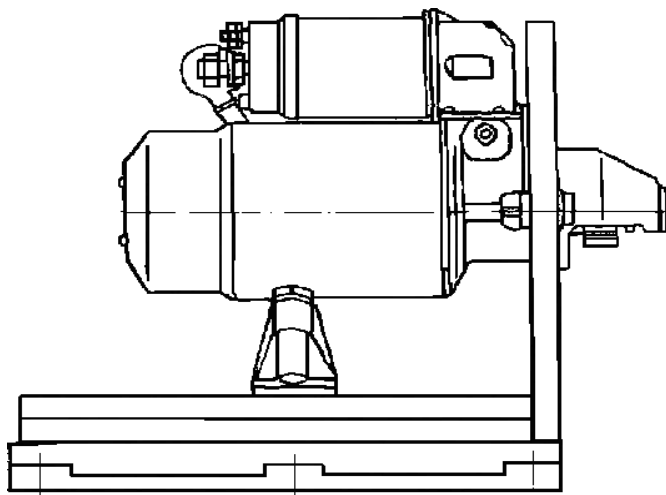


Рис. 2.8. Установка стартера в нагрузочном устройстве

3.2.2. Проверка стартера в режиме холостого хода

Подключить стартер к стенду.

Установить переключатели стенда в следующие положения: S7 – 1, S1 – 3. Переключатель S6 устанавливается в положение 150 А при испытаниях по схеме рис. 2.9, в положении 500А при испытаниях по схеме рис. 2.10. Так как в момент включения пусковой ток стартера значительно превышает потребляемый ток в режиме холостого хода, во избежание перегрузки амперметра рекомендуется устанавли-

вать переключатель амперметра в соответствующие положения только после того, как якорь стартера разовьет обороты.

Включить стенд. Нажать кнопку SB2 «Пуск». Якорь стартера должен вращаться. Далее измеряется частота вращения якоря и потребляемый ток. Сравнить полученные значения с данными табл. 2.2. Наличие дефектов (тугое вращение вала в подшипниках и др.) вызывает увеличение потребляемой мощности при холостом ходе, вследствие чего ток холостого хода увеличивается, частота вращения якоря падает ниже нормы.

Увеличение тока и уменьшение частоты вращения якоря может быть следствием межвиткового замыкания обмотки якоря, а межвитковое замыкание обмотки возбуждения приводит к повышению частоты вращения якоря.

Продолжительность проверки стартера в режиме холостого хода не более 10 сек.

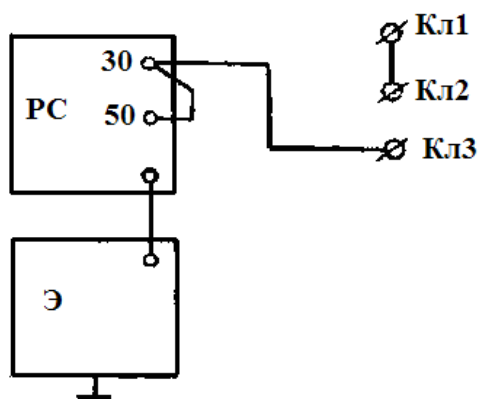


Рис. 2.9. Схема включения стартера при проверке в режиме холостого хода

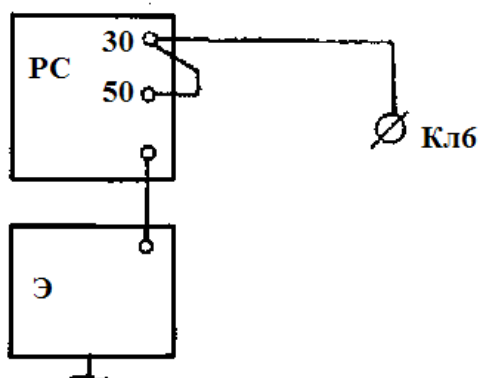


Рис. 2.10. Схема включения стартера при проверках в режиме холостого хода и полного торможения

3.2.3. Проверка стартера в режиме полного торможения

Установить стартер в зажимное устройство стенда. Отрегулировать тормозное устройство так, чтобы шестерня стартера свободно входила в зацепление с зубчатым сектором тормозного устройства при включении привода стартера. При этом зубчатый сектор по модулю должен соответствовать модулю шестерни стартера, исключение составляет стартер с модулем 3,175, для которого зубчатый сектор устанавливается с модулем 3.

Для измерения тормозного момента на валу стартера переключатель S7 в зависимости от модуля проверяемого стартера, устанавливается в следующие положения:

- в положение 2,5x9 – для стартеров с модулями 2,11 и 2,5;
- в положение 3x11 – для стартеров с модулями 3, 3,175 и 3,751;
- в положение 4,25x10 – для стартеров с модулями 4,25 и 4,5.

Переключатель S1 в зависимости величины крутящего момента, развиваемого стартером, установить в положение 1 при величине крутящего момента до 25 Нм или в положение 2 при величине крутящего момента более 25 Нм.

Переключатель S6 установить в положение 1500А или 500А в зависимости от потребляемого тока.

Переключатель S2 – для стартеров с номинальным напряжением 12В – в положение 1; для стартеров с номинальным напряжением 24В рекомендуется подавать на стартер пониженное напряжение – переключатель S2 должен находиться в положении 4 (правое крайнее).

Включить стенд. Нажать «Пуск», снять показания амперметра и измерителя тормозного момента и сравнить с данными прил. В том случае если модуль и число зубьев проверяемого стартера отличается от указанных на стенде положений переключателя S7 – 2,5x9; 3x11; 4,25x10, то для получения действительной величины тормозного момента показание измерительного прибора необходимо умножить на поправочный коэффициент, приведенный в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Значение поправочного коэффициента в зависимости от модуля и числа зубьев проверяемого стартера

Положение переключателя	Модуль и число зубьев стартера	Значение поправочного коэффициента
2,5x9	2,11x11	1,05
	2,5x8	0,89
	2,5x9	1,00
3x11	3x9	0,82
	3x11	1,00
	3,175x9	0,87
	3,751x10	1,20
4,25x10	4,25x10	1,00
	4,25x11	1,10
	4,5x11	1,20

В прил. приведены расчетные величины тока и тормозного момента, причем для стартеров с номинальным напряжением 24 расчет произведен при условии, что на стартер подается пониженное напряжение – переключатель S2 находится в правом крайнем положении. Расчетные величины также получены при максимальной величине сопротивления реостата R3 – ползун реостата находится в левом крайнем положении. Реальные показания измерительного прибора могут отличаться от расчетных. Это зависит от положения ползуна реостата R3, а также вследствие изменения напряжения в питающей сети, изменения переходных сопротивлений в контактных соединениях как самого стенда, так и проверяемого стартера и т.п.

В данном случае измеренный момент, развиваемый исправным стартером, должен быть не менее рассчитанного по формуле:

$$M = M_p \frac{I - I_{xx}}{I_p - I_{xx}}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где M_p – расчетный момент, Н·м; I – действительный (измеренный) ток, А; I_p – расчетный ток, А; I_{xx} – ток холостого хода, А.

Расчетные величины M_p , I_p и I_{xx} приведены в прил.

3.2.4. Проверка обмотки якоря на межвитковое замыкание

Установить индуктор на плите тормозного устройства и включить его в розетку XS4. Установить переключатель S1 в положение 4. Уложить якорь на полюса индуктора, как показано на рис. 2.11, а,

и закрепить на валу приспособление для проворачивания якоря. Включить стенд.

Прижать щупы контактного устройства к двум соседним пластинкам коллектора якоря и, поворачивая последний, найти такое положение, при котором показание прибора $P1$ будет максимальным.

Резистором $R1$ установить стрелку прибора на удобночитаемую отметку шкалы. Поворачивая якорь, не меняя пространственного положения щупов и прижимая их к следующим пластинкам коллектора, считать показания прибора.

При исправной обмотке показания везде будут одинаковы. При обрыве или полном коротком замыкании показание прибора равно нулю. При частичном коротком замыкании, а также при меньшем числе витков дает увеличение показаний.

Пазы, в которых уложена секция с короткозамкнутыми витками, могут быть найдены с помощью стальной пластины из комплекта принадлежностей (см рис 2.11, б). Поворачивать якорь, слегка касаясь пластиной поверхности якоря. Над пазом, в котором расположена секция с коротко замкнутыми витками (витком) пластина будет вибрировать. Это объясняется тем, что по короткозамкнутым виткам (витку) течет ток, создается местное переменное магнитное поле, которое замыкается через пластину и заставляет ее вибрировать.

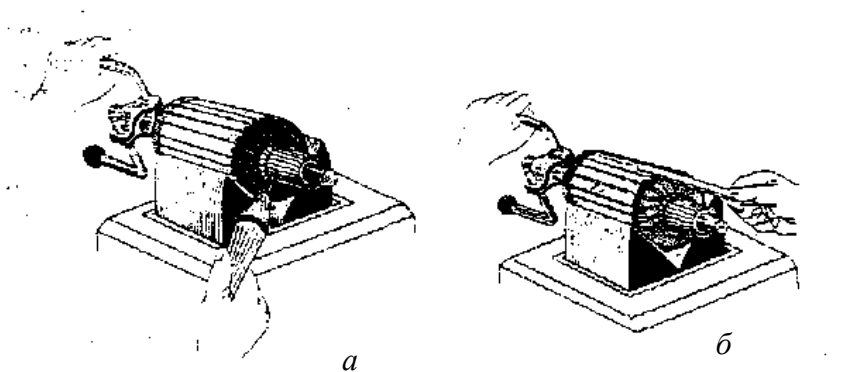


Рис. 2.11. Положение якоря на полюсах индуктора

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Порядок выполнения работы

Часть 1

1. Разобрать стартер.
2. Установить степень (толщина) износа коллектора, короткозамкнутых пластин (штангенциркуль).
3. Установить степень износа щеток в % отношении.
4. Определить, не нарушена ли изоляция относительно вала (омметр).
5. Определить, не нарушена ли изоляция статора относительно корпуса.
6. Собрать стартер.

Часть 2

1. Закрепить стартер на стенде Э-242.
2. Собрать схему для проверки реле стартера на срабатывание и определить ток срабатывания реле, сопоставить полученные данные с табличными.
3. Собрать схему для проверки стартера в режиме холостого хода, измерить частоту вращения якоря и потребляемый ток, полученные данные сравнить с табличными значениями.
4. Собрать схему для проверки стартера в режиме полного торможения, измерить потребляемый ток и момент, развиваемый стартером в режиме полного торможения. Полученные результаты сравнить с табличными значениями.
5. Подсоединить индуктор для проверки якоря на межвитковое замыкание и проверить наличие короткозамкнутых витков в обмотке якоря с помощью вольтметра со щупами.

4.2. Содержание отчета

1. Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Краткое описание принципа работы системы пуска двигателя.
3. Схема принципиальная электрическая регулятора напряжения.

Контрольные вопросы и задания

1. Как проверить элементы системы электрического пуска на автомобиле?
2. Как проверить стартер на автомобиле?
3. Какие признаки неисправностей стартера вызывают необходимость проверки его на автомобиле?
4. Как проверить работоспособность стартера на стенде?
5. Как проверяют стартер в режиме полного торможения?
6. Как проверяют стартер в режиме холостого хода?
7. Как проверить обмотку якоря на замыкание с массой?
8. Как проверить электромагнитное тяговое реле?
9. Как определить состояние коллектора электродвигателя стартера?
10. Как определить межвитковое замыкание и обрыв в обмотке возбуждения стартера?
11. Как осуществить поиск неисправности, если электродвигатель стартера вращается, но не проворачивает коленчатый вал?
12. Назовите причины повышенного шума при включении стартера.
13. Как осуществить поиск неисправности, если электродвигатель стартера вращается, но коленчатый вал вращается очень медленно?
14. Из-за чего стартер не выключается после пуска двигателя?

Лабораторная работа №3 **ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ**

1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы: изучение принципа работы и конструкции генераторной установки.

Задачи работы:

1. Экспериментальные исследования основных характеристик вентильного генератора.

2. Приобретение навыков определения исправности работы установки (проверка режима холостого хода (ХХ), номинального режима, соответствие паспортным данным).

3. Приобретение навыков работы с измерительными приборами.

4. Снятие характеристик ХХ, внешних характеристик и токоскоростных характеристик генератора.

5. Изучение принципа работы электрической схемы бесконтактного (транзисторного регулятора) напряжения бортовой сети.

6. Опытным путем установить зависимость выходного напряжения генераторной установки U_d от тока возбуждения $I_{вз}$ при $n_{рт} = \text{const}$ и $I_n = \text{const}$.

7. Ознакомиться с осциллографическим методом исследования изменяющихся во времени электрических процессов. Изучить влияние тока нагрузки на форму кривой тока возбуждения.

Оборудование и оснащение:

1. Генератор (+ в наглядное пособие).

2. Выпрямитель.

3. Регулятор.

4. Лабораторный стенд «Система энергоснабжения автомобиля».

5. Осциллограф (CarmanScan).

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

2.1. Общие сведения

В систему электроснабжения транспортно-технологической машины (автомобиля, бульдозера, трактора, экскаватора и т.п.) входят генераторная установка и аккумуляторная батарея.

Автомобильная аккумуляторная батарея, работая параллельно с генераторной установкой, устраняет перегрузки генератора и возможные перенапряжения в системе электрооборудования в случае нарушения регулировки или при выходе из строя регулятора напряжения, сглаживает пульсации напряжения генератора, а также обеспечивает питание всех потребителей в случае отказа генератора и возможность дальнейшего движения автомобиля.

Генераторная установка состоит из электрогенератора (*иллюстрация 3.1*) и регулятора напряжения. Они вместе с элементами контроля работоспособности и защиты от возможных аварийных режимов входят в систему электроснабжения автомобиля.

Генераторная установка питает постоянным током электропотребители, включенные в бортовую сеть автомобиля, и заряжает аккумуляторную батарею при работающем двигателе.

Раньше автомобильные генераторы постоянного тока имели коллектор со щетками, а теперь – полупроводниковые выпрямители, чтобы переменный ток, возникающий в обмотках генератора, превратить в постоянный. Такие генераторы называют вентильными. Вентильный генератор – это синхронный генератор, у которого выпрямление тока и напряжения осуществляется полупроводниковым выпрямителем (собранным на диодах – «вентильях»), встроенным в генератор.

2.2. Принцип действия генератора

Рассмотрим принцип действия синхронного генератора электромагнитного возбуждения с использованием упрощенной схемы (рис.3.1). Магнитопровод статора (якоря) *1* набран из штампованных пластин электротехнической стали (для уменьшения потерь на вихревые токи), в пазах которого находится обмотка якоря. Трехфазная обмотка состоит из трех однофазных обмоток *2*, сдвинутых в пространстве на 120 град. относительно друг друга. На полюсах ротора *3* (индуктора) располагают катушку *4* обмотки возбуждения, концы которой выводят к двум контактными кольцам *5*, расположенным на валу *6* и изолированным друг от друга и вала. Ротор генератора приводится во вращение с частотой при помощи ременной передачи от двигателя с помощью щеток *7*, скользящих при его вращении по кольцам, к обмотке возбуждения подходит ток, который, протекая по обмотке *4*, создает магнитное поле – поле возбуждения (*иллюстрация 3.2*), (*видео 3.3*).

Поле, вращаясь вместе с ротором, пересекает проводники обмотки статора и наводит в них ЭДС одинаковой величины и частоты, но сдвинутые по фазе на 120. Эта ЭДС прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока, которая пропорциональна частоте вращения якоря.

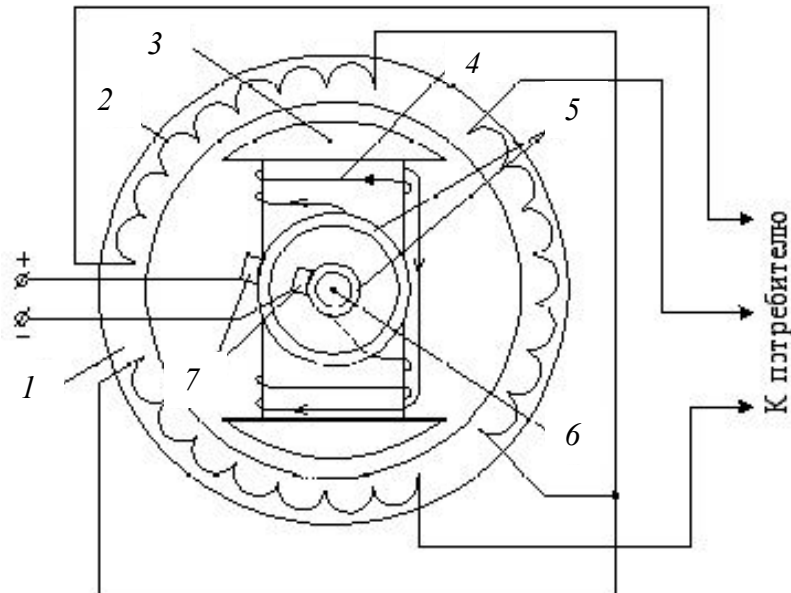


Рис. 3.1. Упрощенная электромагнитная схема синхронного генератора электромагнитного возбуждения

2.3. Электрическая схема простейшей генераторной установки

Электрическая схема генератора приведена на рис. 3.2.

Обмотки статора генератора подключены по схеме "звезда": Ф1, Ф2, Ф3 – выводы фаз обмоток статора. Ток на обмотку возбуждения ОВ подается от регулятора напряжения РН через щетки Щ1 и Щ2.

Один вывод щеточного узла заземлен, а другой подключен к клемме Ш. Ток возбуждения подается от регулятора напряжения и создает магнитное поле ротора. При вращении ротора генератора обмотки статора пронизывает переменный магнитный поток и в них индуцируется переменное трехфазное напряжение.

Выводы фаз Ф1, Ф2, Ф3 обмоток статора СТ генератора подключены к диодам VD1 – VD6 выпрямительного узла.

2.4. Характеристики вентильных генераторов

Особенность работы автомобильных генераторов состоит в том, что в связи с непостоянной скоростью движения автомобиля изменяются обороты двигателя, а следовательно, частота и величина ЭДС, наводимой в обмотках статора.

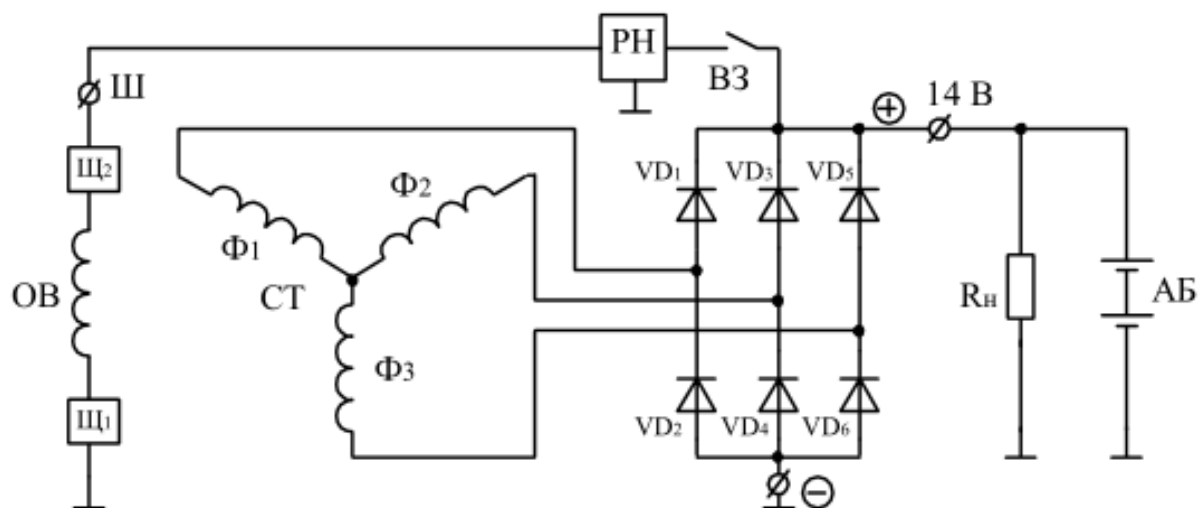


Рис. 3.2. Электрическая схема подключения генератора на автомобиле:
СТ – обмотки статора; ОВ – обмотка возбуждения; Щ 1, Щ 2 – щетки;
+, Ш – выводы генератора; РН – регулятор напряжения; VD 1 – VD 6 –
выпрямительные диоды; ВЗ – выключатель в замке зажигания; Rн – сопротивление нагрузки; АБ – аккумуляторная батарея

Автомобильные генераторы имеют следующие частотные параметры:

- минимальная частота вращения ротора в режиме холостого хода ($n_{р\text{тх}}$), при которой генератор выдает номинальное напряжение;
- номинальная частота вращения $n_{р\text{тн}}$, при которой генератор развивает номинальную мощность при номинальном напряжении;
- минимальная частота вращения ротора $n_{р\text{тр}}$ соответствует режиму, при котором отношение выпрямленной мощности к $n_{р\text{тр}}$ максимально (режим максимальной тепловой нагрузки);
- максимальная частота вращения ротора $n_{р\text{тмакс}}$.

Характеристики вентильных генераторов имеют особенности. Соответствующим подбором обмоточных данных обеспечивается на минимальной частоте вращения в режиме холостого хода выпрямленное напряжение номинального значения.

2.4.1. Характеристики холостого хода

Представляют собой зависимость выпрямленного напряжения от силы тока возбуждения $E_d = f(I_{вз})$ при $n_{рт} = \text{const}$ и $I_d = 0$ ($R_{нг} = \infty$), полученные при независимом возбуждении (рис. 3.3)

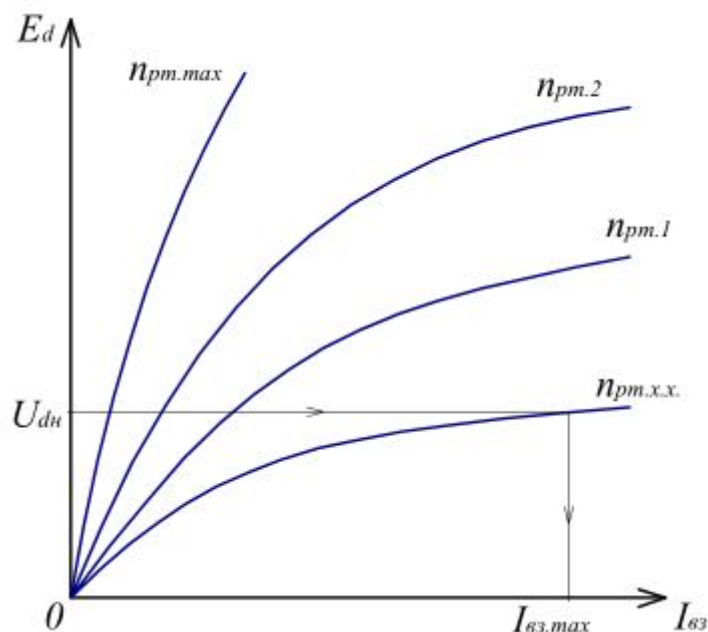


Рис. 3.3. Семейство характеристик холостого хода вентильного генератора

2.4.2. Внешние характеристики

При работе генератора в условиях независимого возбуждения (напряжение $U_{вз}$ соответствует номинальному напряжению генератора) представляют собой зависимость выпрямленного напряжения от силы тока нагрузки $U_d = f(I_d)$ при $n_{рпм} = \text{const}$, $U_{вз} = U_d = \text{const}$ и сопротивлении возбуждения $R_{вз} = \text{const}$ (рис 3.4).

При увеличении нагрузки выпрямленное напряжение снижается под действием реакции якоря, падения напряжения в цепи якоря и в выпрямителе. Падение напряжения в выпрямителе невелико, падение напряжения в обмотках якоря значительно и зависит от частоты вращения ротора.

2.4.3. Токоскоростная характеристика

Способность генераторной установки обеспечивать электропитанием потребителей электроэнергии на автомобиле во всех режимах его работы.

Зависимость силы тока, отдаваемого генератором в нагрузку, от частоты вращения его ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах генератора показана на рис. 3.4.

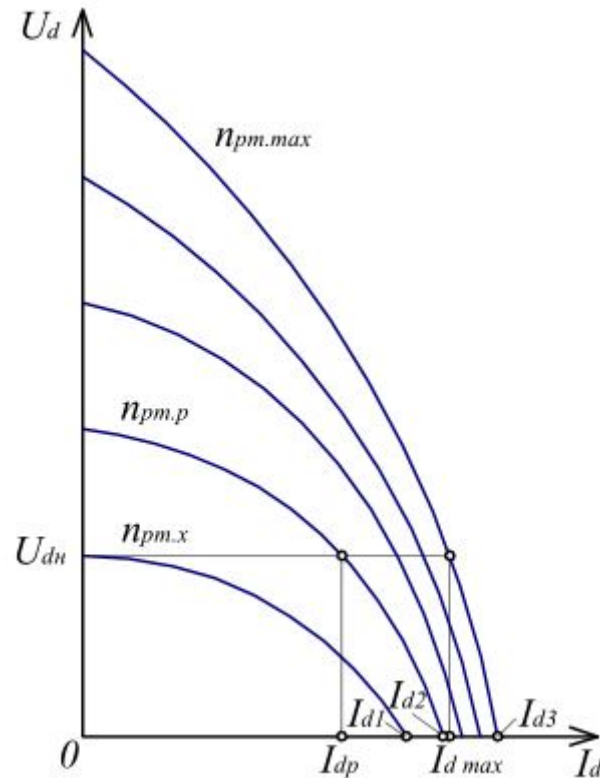


Рис. 3.4. Внешние характеристики вентильного генератора

Вид токоскоростной характеристики генераторных установок легковых автомобилей, построенной в относительных единицах по отношению к номинальной величине силы отдаваемого тока.

Характеристика демонстрирует существенное достоинство вентильных генераторов – их самозащиту и самоограничение отдаваемого ими тока. Достигнув определенной величины, ток практически не увеличивается с ростом частоты вращения ротора.

Токоскоростная характеристика (рис. 3.5) имеет характерные точки, к которым относятся:

n_0 – начальная частота вращения ротора без нагрузки. Поскольку обычно снятие характеристики начинают с тока нагрузки около 2 А,

то эта точка получается экстраполяцией снятой характеристики до пересечения с осью абсцисс.

n_{rg} – минимальная рабочая частота вращения ротора, т.е. частота вращения, примерно соответствующая оборотам холостого хода двигателя. Условно принимается $n_{rg} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ (для высокоскоростных генераторов – 1800 мин^{-1}). Сила тока I_{dg} при этой частоте обычно составляет 40–50% номинального тока и должна быть достаточна для обеспечения питанием тех потребителей энергии на автомобиле, от которых зависит безопасность.

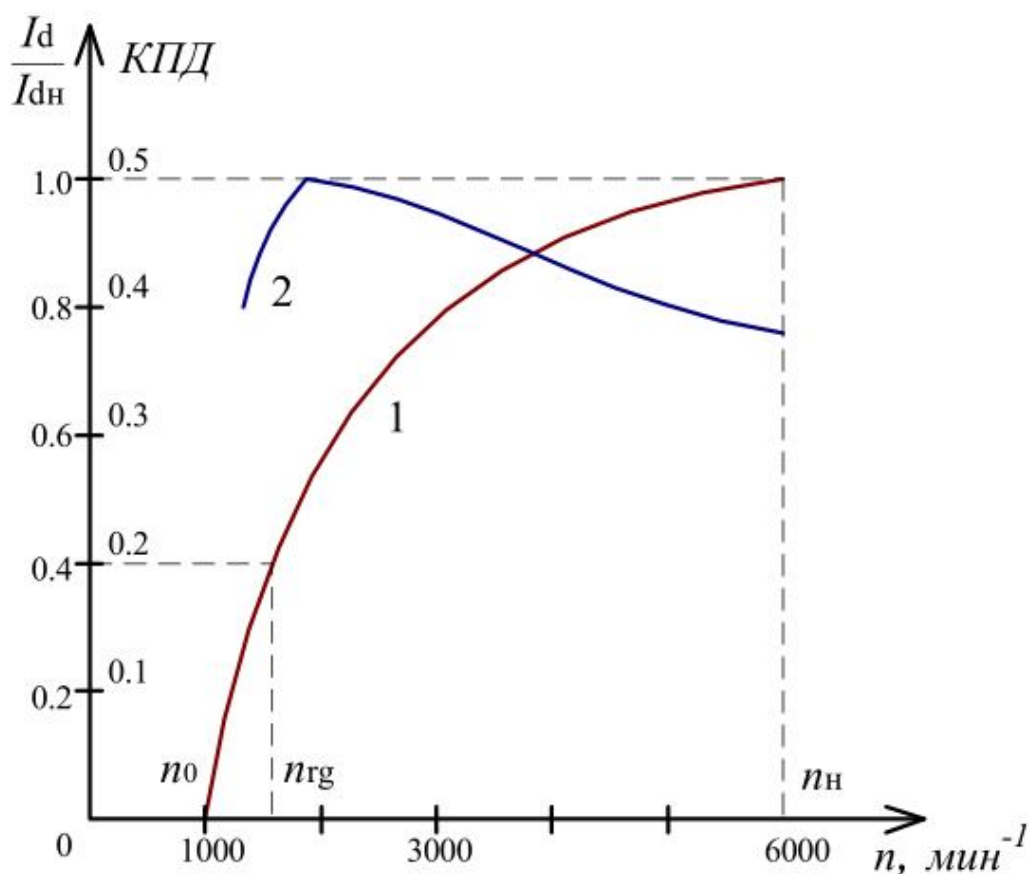


Рис. 3.5. Выходные характеристики генераторной установки:

1 – токоскоростная характеристика;

2 – КПД по точкам токоскоростной характеристики

n_n – номинальная частота вращения ротора, при которой вырабатывается номинальный ток $I_{дн}$, т.е. ток, сила которого не должна быть меньше номинальной величины.

n_{max} – максимальная частота вращения ротора, на которой генератор вырабатывает максимальный ток I_{max} . Изготовители указывают номинальный ток генератора на номинальной частоте вращения ротора, а также указывают частоту вращения ротора генератора в расчет-

ном режиме n_p , при расчетном токе $I_{др}$, имеющему две трети номинального тока. В расчетном режиме нагрев узлов генератора наибольший. Характеристики определяются при напряжении 14 В.

2.5. Принцип действия трехфазного выпрямителя

Трехфазный двухтактный выпрямитель (рис.3.6) содержит две группы диодов – анодную группу (VD2,VD4,VD6) и катодную группу (VD1, VD3, VD5).

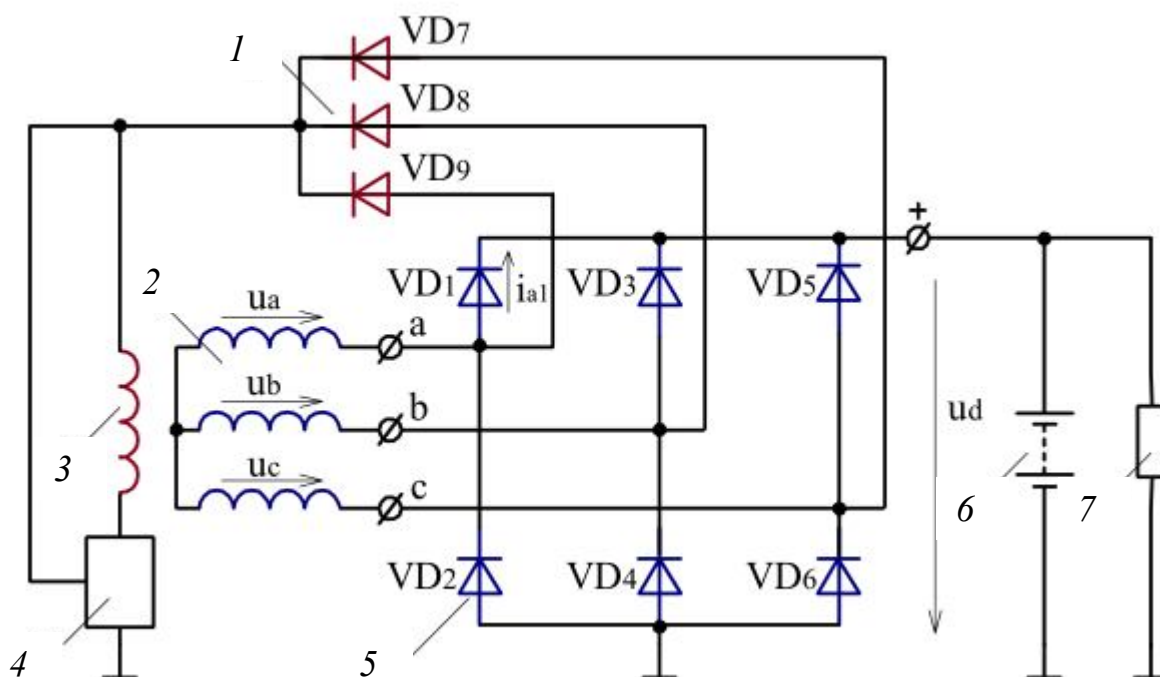


Рис. 3.6. Принципиальная схема генераторной установки:

u_a , u_b , u_c – фазные напряжения обмоток статора; U_d – выпрямленное напряжение; 1 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 2 – обмотки фаз статора; 3 – обмотки возбуждения; 4 – регулятор напряжения; 5 – диоды силового выпрямителя; 6 – аккумуляторная батарея; 7 – нагрузка

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

Выпрямитель, подключенный к обмотке возбуждения, на диодах VD7 – VD9, которые дублируют диоды VD1, VD3, VD5, необходим для предотвращения разрядки аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля.

К каждому плечу силового выпрямителя (VD1 – VD2 и др.) приложены фазные напряжения обмоток статора, которые изменяются по кривым, близким к синусоиде, и сдвинуты на 120° . В любой момент времени ток в выпрямителе проводят два диода: один в катодной группе, другой – в анодной. В катодной группе открыт тот вентиль, потенциал которого выше потенциалов анодов других вентилях в группе, а в анодной группе – вентиль, потенциал катода которого ниже потенциалов катодов других вентилях группы.

Коммутация тока с одного вентиля на следующий, очередной в данной группе, происходит в моменты пересечения синусоид фазных напряжений обмоток статора.

2.6. Регулятор напряжения бортовой сети

Регулятор напряжения поддерживает напряжение бортовой сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки, температуры окружающей среды.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу – стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Величина стабилизированного напряжения автомобильных генераторов обычно лежит в пределах 13–15 В. Если напряжение генератора возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения и вводит напряжение в нужные пределы.

Блок-схема регулятора напряжения представлена на рис. 3.7.

Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора 2 – U_d и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе сравнения сопоставляется с эталонным значением $U_{эт}$.

Если величина $U_{изм}$ отличается от эталонной величины $U_{эт}$, на выходе элемента сравнения появляется сигнал U_0 , который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение генератора вернулось в заданные пределы.

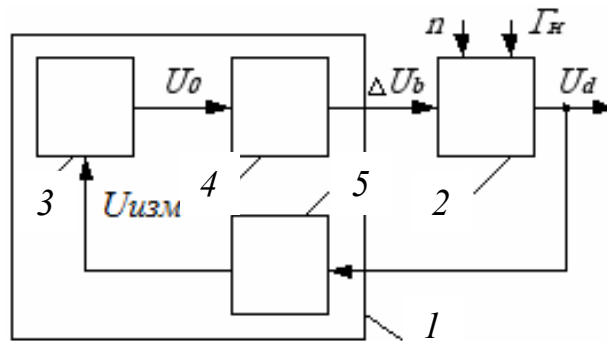


Рис. 3.7. Блок-схема регулятора напряжения:

1 – регулятор; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения; 4 – регулирующий элемент; 5 – измерительный элемент

Таким образом, к регулятору напряжения обязательно должно быть подведено напряжение генератора или напряжение из другого места бортовой сети, где необходима его стабилизация, например от аккумуляторной батареи, а также подсоединена обмотка возбуждения генератора.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины играет обычно напряжение стабилизации стабилитрона. Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжении ниже напряжения стабилизации и пробивается, т.е. начинает пропускать через себя ток, если напряжение на нем превысит напряжение стабилизации. Напряжение же на стабилитроне остается при этом практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, которое коммутирует цепь возбуждения таким образом, что ток в обмотке возбуждения изменяется в нужную сторону.

Особенностью автомобильных регуляторов напряжения является то, что они осуществляют дискретное регулирование напряжения путем включения и выключения в цепь питания обмотки возбуждения, при этом меняется относительная продолжительность включения обмотки возбуждения.

2.7. Электронный транзисторный регулятор напряжения

Поскольку вибрационные и контактно-транзисторные регуляторы представляют лишь исторический интерес, а в отечественных и зарубежных генераторных установках в настоящее время применяются электронные транзисторные регуляторы, рассмотрим принцип ра-

боты регулятора напряжения на примере простейшей схемы, близкой к отечественному регулятору напряжения Я112А1 и регулятору EE14V3 фирмы BOSCH (рис. 3.8).

Регулятор на схеме работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. Чтобы понять работу схемы, следует вспомнить, что, как было показано выше, стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжениях ниже величины напряжения стабилизации. При достижении напряжением этой величины стабилитрон пробивается, и по нему начинает протекать ток.

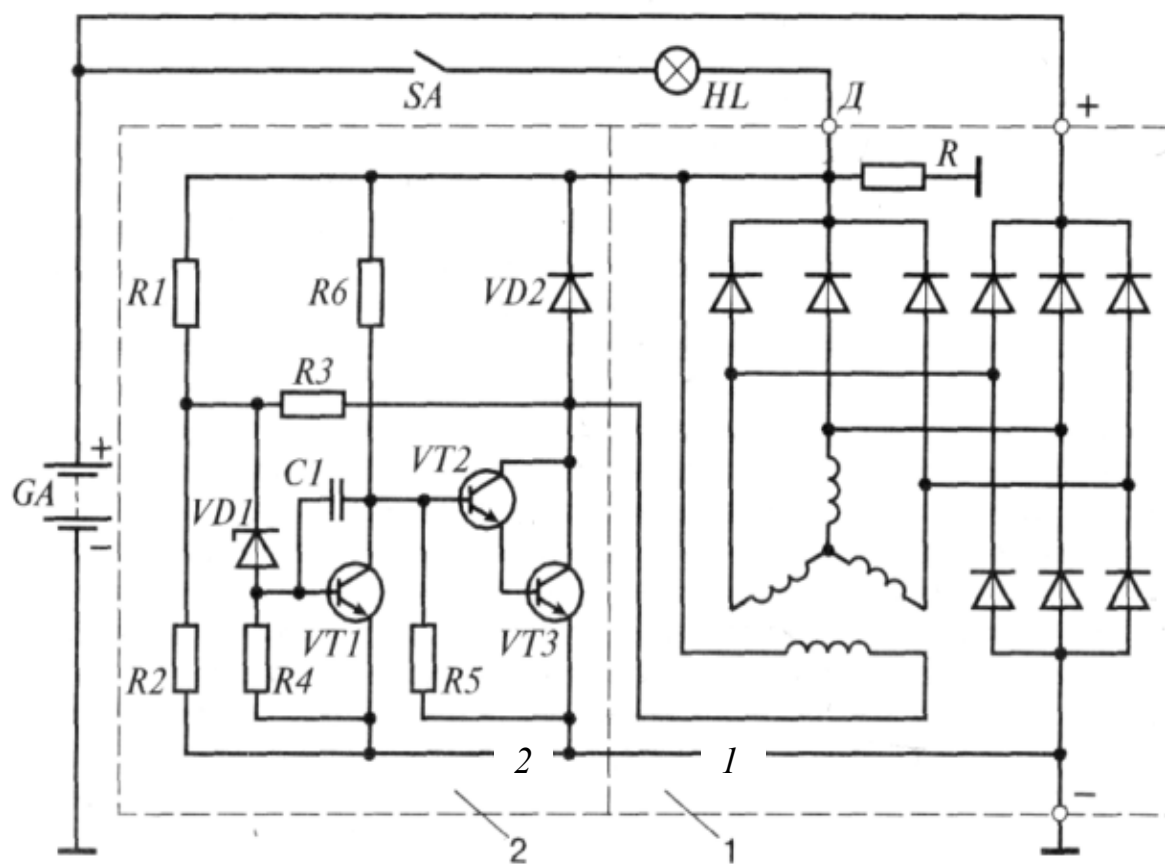


Рис. 3.8. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:
1 – генератор с встроенным выпрямителем; 2 – регулятор

Транзисторы же пропускают ток между коллектором и эмиттером, т.е. открыты, если в цепи база-эмиттер ток протекает, и не пропускают этого тока, т.е. закрыты, если базовый ток прерывается.

Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от выхода генератора Д через делитель напряжения, выполненный на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико, и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него,

а следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается через переход эмиттер-коллектор VT3 подключена к цепи питания. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой Дарлингтона. При данном соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, например из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1.

При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон VD1 пробивается, ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмиттер-коллектор закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD1, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2, VT3, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и т.д., процесс повторяется.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Описание лабораторного стенда

Экспериментальные исследования характеристик генераторной установки автомобиля выполняются на лабораторном стенде «Система энергоснабжения автомобиля», предназначенном для проведения теоретических, практических и лабораторных занятий. Он позволяет изучить системы энергоснабжения автомобиля, устройство и принцип работы автомобильных генераторов и реле регуляторов, а также исследовать характеристики автомобильных генераторных установок.

Стенд выполнен в климатическом исполнении УХЛ.4.2 (по ГОСТ 15150 – 69), для работы при температуре окружающей среды от +15 до +35°С, относительной влажности воздуха до 85% при 25°С.

Общий вид лабораторного стенда приведен на рис. 3.9.

На горизонтальном основании расположен испытываемый генератор *1* и вертикальный короб, являющийся корпусом стенда. На передней панели корпуса расположены электросхема генератора *10*, схемы подключения диодных мостов: *13* – блок дополнительных диодов, *14* – полублок положительных диодов, *15* – полублок отрицательных диодов. Основные органы управления стендом: *2* – блок ввода имитируемых неисправностей с сетевой клавишей, *11* – имитатор замка зажигания и контрольной лампы заряда АКБ. Органы управления приводом: *3* – кнопка «Пуск», *4* – кнопка «Стоп», *5* – регулятор частоты вращения привода генератора. Скорость вращения привода отображает *6* – индикатор частоты вращения. В качестве дополнительного универсального измерительного устройства применен *8* – мультиметр. Имитатор нагрузки *13* с шестью ступенями регулировки представляет собой набор сопротивлений. Для контроля выходных параметров генераторной установки используются: *15* – вольтметр, *19* – амперметр. Контроль нештатной работы частотного регулятора привода осуществляется индикатором *7* – индикатор аварии.

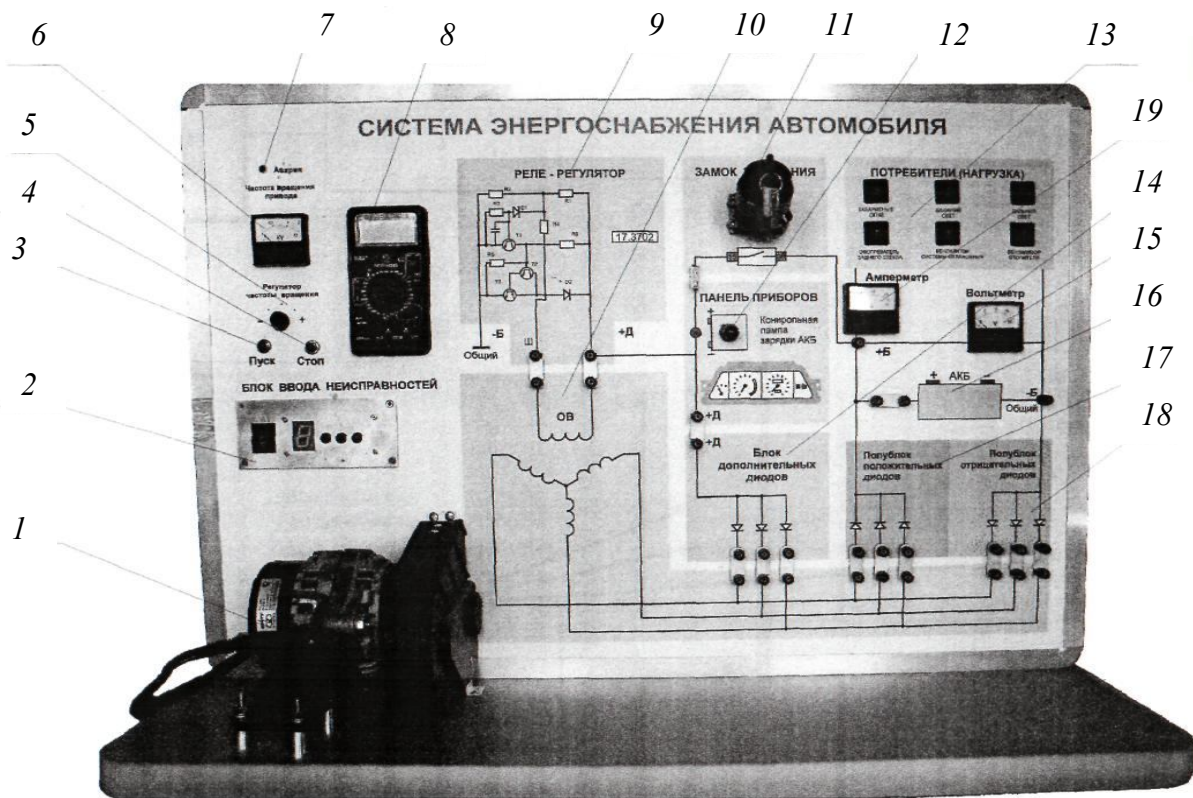


Рис. 3.9. Система энергоснабжения автомобиля (СЭСА). Вид общий:
 1 – генератор; 2 – блок ввода имитируемых неисправностей; 3 – кнопка «Пуск»;
 4 – кнопка «Стоп»; 5 – регулятор частоты вращения привода генератора; 6 – ин-
 дикатор частоты вращения привода; 7 – индикатор аварии; 8 – мультиметр;
 9 – блок реле-регулятора; 10 – схема генератора переменного тока; 11 – замок
 зажигания; 12 – контрольная лампа; 13 – имитатор нагрузки; 14 – блок дополни-
 тельных диодов; 15 – вольтметр; 16 – имитатор АКБ; 17 – полублок положи-
 тельных диодов; 18 – полублок отрицательных диодов; 19 – амперметр

Структурная схема, поясняющая работу стенда, приведена на рис. 3.10. Ротор испытываемого генератора 1 приводится через ре-
 менную передачу, от электродвигателя 2. Управление электродвига-
 телем привода осуществляется частотным регулятором 3. Основные
 органы управления регулятора 3, кнопки «Пуск» и «Стоп», а также
 регулятор частоты вращения электродвигателя 4 выведены на перед-
 нюю панель.

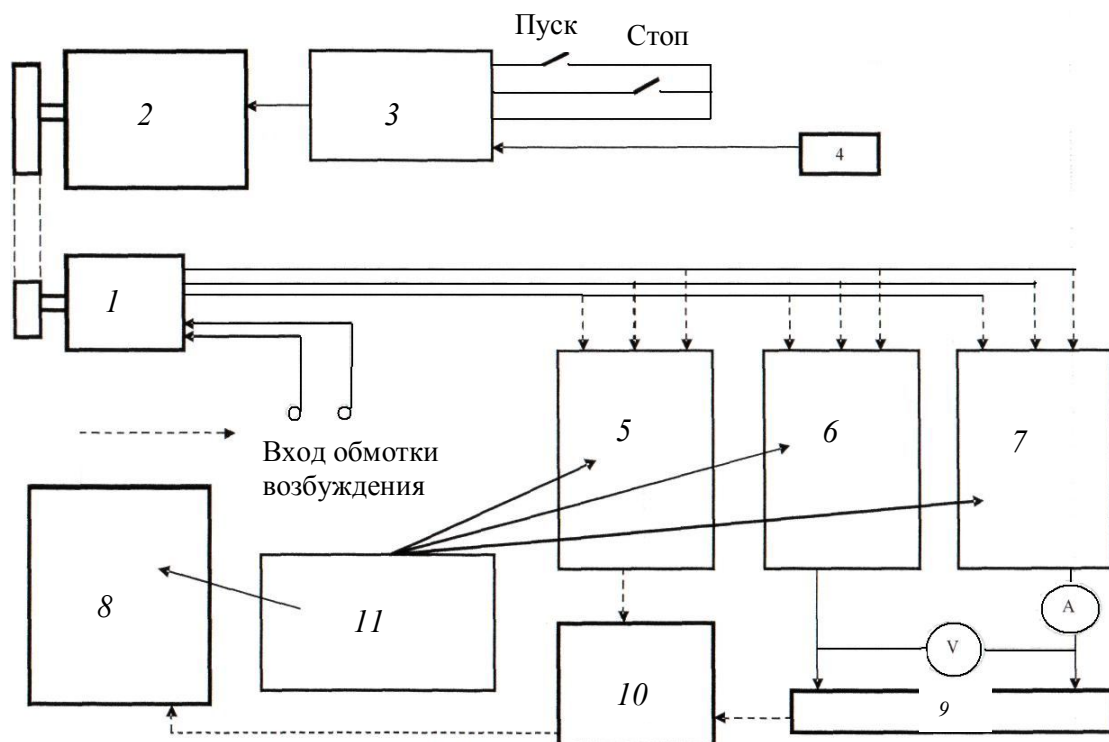


Рис. 3.10. Структурная схема стенда «Система энергоснабжения автомобиля (СЭСА)»:

1 – генератор; 2 – электродвигатель привода; 3 – частотный регулятор частоты вращения электродвигателя; 4 – регулятор частоты вращения привода; 5 – блок дополнительных диодов; 6 – полублок отрицательных диодов; 7 – полублок положительных диодов; 8 – блок реле - регулятора; 9 – нагрузка; 10 – имитатор замка зажигания и контрольной лампы заряда АКБ; 11 – блок ввода имитируемых неисправностей

В зависимости от выбранной схемы генераторной установки обучаемые имеют возможность подключения следующих блоков: 5 – блок дополнительных диодов, 6 – полублок отрицательных диодов, 7 – полублок положительных диодов. Технологические переключки, соединяющие отдельные блоки и элементы конструкции, устанавливаемые обучаемыми, показаны на схеме пунктирными стрелками. Конструкция стенда предполагает подключение и использование двух основных типов регуляторов напряжения, расположенных в блоке реле-регуляторов 8. В зависимости от выбора схемы обучаемые подключают один из типов регуляторов в цепь управления обмоткой возбуждения. Для питания реле-регуляторов используется имитатор замка зажигания и контрольной лампы заряда АКБ-10. Собранный схема полностью имитирует работу генераторной установки на автомобиле при пониженной ЭДС аккумуляторной батареи. Для имитации сопро-

тивлений на выходе генератора используется блок нагрузочных сопротивлений 9 со ступенчатым регулированием.

Испытуемый генератор имеет следующие технические характеристики:

- Генератор типа 4302.771 для автомобиля ВАЗ 2110 и иных.
- Максимальный ток (в холодном состоянии) – 104 А.
- Максимальный ток (в горячем состоянии) – 90 А.
- Номинальное напряжение – 14 В.

Ресурс – 300 тыс. час.

Масса (без штатива) – 4,9 кг.

Основные детали генератора представлены на рис. 3.11 (иллюстрации 3.4 и 3.5).

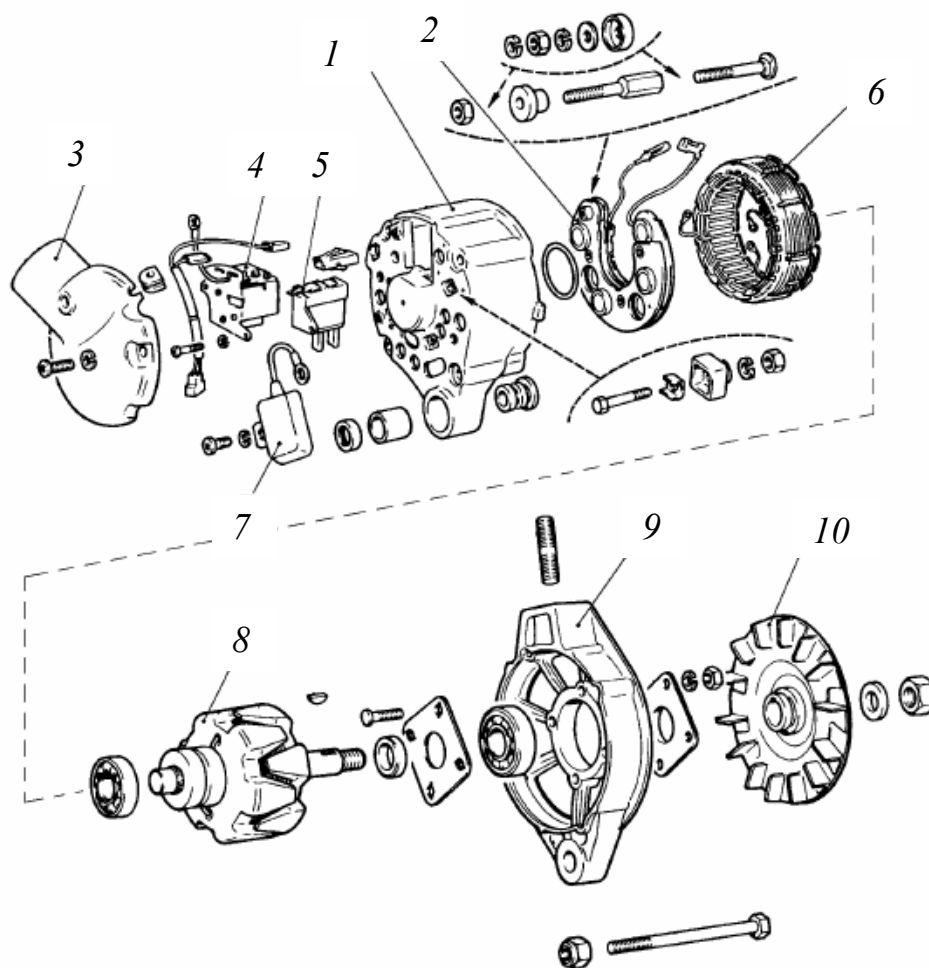


Рис. 3.11. Основные детали генератора:

- 1 – задняя крышка; 2 – блок выпрямительный; 3 – воздухозаборник;
4 – регулятор напряжения (РН); 5 – щеткодержатель; 6 – статор; 7 – конденсатор; 8 – ротор; 9 – передняя крышка; 10 – шкив генератора

3.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Включить сетевой шнур стенда в розетку (или удлинитель) сети 220 В. Повернуть ключ в «замке зажигания» по часовой стрелке.

Нажать на кнопку «Пуск» на передней панели стенда и выставить обороты двигателя – 500 об/мин при помощи «регулятора частоты вращения».

2. Снять семейство внешних характеристик для трех частот вращения. Нагрузку изменить, нажимая на кнопки «Потребители (нагрузка)», заполнить табл. 3.1. Температуру генератора T °С и переменную, составляющую напряжения U , измерять с помощью мультиметра 8 (см. рис. 3.9), а постоянные составляющие тока I и напряжения U измерять с помощью амперметра 19 и вольтметра 15, расположенных на лицевой панели стенда. Предварительно датчик температуры (термопару) закрепить на генераторе. Мощность P определить по формуле

$$P = U \cdot I, \text{ Вт.}$$

Таблица 3.1

Протокол исследований

№ п/п	Вид нагрузки	n=500 об/мин (n=750 об/мин) (n=1000 об/мин)				
		U, В	I, А	U _~ , В	T, °С	P, Вт
1	Без нагрузки					
2	Габаритные огни					
3	Ближний свет					
4	Дальний свет					
5	Обогрев заднего стекла					
6	Вентилятор системы охлаждения					
7	Вентилятор отопления					
8	Ближний свет и дальний свет					
9	Несколько нагрузок (указать какие).....					
10					

3. Повторить измерения для числа оборотов двигателя 1500 и 3000 об/мин. Данные измерений заносить в таблицы, аналогичные табл. 3.1.

4. Построить семейство вольтамперных характеристик – зависимостей напряжений от тока при различных оборотах двигателя.

5. Зарисовать осциллограммы фазного и выпрямленного напряжения.

3.3. Обработка и оформление результатов исследований

По полученным результатам экспериментальных исследований для всех видов нагрузок и расчётным данным составляется протокол исследований (см. табл. 3.1).

3.4. Содержание отчета

1. Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Краткое описание принципа работы вентильного генератора, выпрямителя, конструкции генератора.
3. Схема принципиальная электрическая регулятора напряжения.
4. Описание опыта, результаты испытаний: таблицы, графики, выводы.

Контрольные вопросы и задания

1. Каков принцип действия и основные элементы конструкции автомобильного вентильного генератора?
2. От чего зависит частота и величина выходного напряжения генератора?
3. Основные характеристики генератора.
4. Нарисовать зависимость выпрямленного напряжения от времени и показать на электрической схеме, через какие диоды выпрямителя проходит ток в момент времени, указанный преподавателем.
5. Каково назначение регулятора напряжения?
6. Какими параметрами характеризуется регулятор напряжения?
7. Каков принцип работы регулятора напряжения?
8. Каково назначение стабилитрона VD1 (см. рис. 3.8)?
9. Каково назначение диода VD2 (см. рис. 3.8)?
10. Каково назначение конденсатора C1 (см. рис. 3.8)?
11. Каково назначение резистора R3 (см. рис. 3.8)?
12. Зачем для обмотки возбуждения устанавливают дополнительные диоды?

Лабораторная работа №4 СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы: изучить устройство и принцип действия основных систем зажигания автомобилей.

Задачи работы:

1. Изучить устройство, принцип действия катушки зажигания.
2. Определить преимущества и недостатки датчиков.
3. Выявить закономерности.

Оборудование и оснащение:

1. Лабораторный стенд «Система зажигания автомобиля».
2. Осциллограф (Carman Scan).
3. Наглядные пособия (катушка зажигания, свечи, распределитель, датчики Холла и индуктивный датчик).

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

2.1. Общие сведения

Система зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) (*Видео 4.1 и 4.2*).

Тенденции развития ДВС связаны с повышением их экономичности, снижением токсичности отработавших газов, уменьшением массы и габаритных размеров, повышением частоты вращения коленчатого вала и степени сжатия. Это оказывает влияние на конструкцию и схемное исполнение систем зажигания, не затрагивая, однако, основного принципа их действия, – накопления энергии в магнитном или электрическом поле с последующим мгновенным выделением ее в искровом промежутке свечи в нужный момент такта сжатия в рабочем цилиндре и в соответствии с заданным порядком работы цилиндров двигателя.

Разряд в искровом промежутке вызывается импульсом напряжения, величина которого зависит от температуры и давления в камере сгорания, конфигурации и размеров искрового промежутка. Величина импульса должна обеспечиваться системой зажигания с определенным запасом, с учетом износа электродов свечи в эксплуатации.

Обычно коэффициент запаса составляет 1,5–1,8, а величина импульса напряжения лежит в пределах 20–30 кВ.

При нормальных условиях (давлении воздуха 1 атмосфера) для возникновения искры достаточно напряжения около 1000 В при расстоянии между электродами 1 мм, то есть электрическая прочность воздуха $E_{\text{ПР}} = 1$ кВ/мм. Это напряженность электрического поля, при которой возникает пробой. Напряжение пробоя $U_{\text{ПР}} = E_{\text{ПР}} \cdot d$, где d – расстояние между электродами.

Пробивное напряжение $U_{\text{ПР}}$ зависит от давления P (рис. 4.1). Оно увеличивается как при повышении давления, так и при уменьшении давления (разряжении) воздуха.

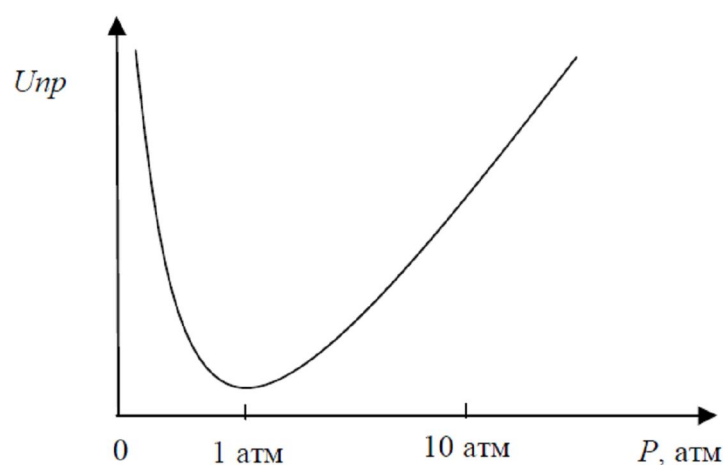


Рис. 4.1. Зависимость напряжения пробоя от давления

В двигателе поршень создает давление в камере сгорания до 10 атмосфер и более, поэтому при таком давлении искра пробьет зазор при напряжении в 10 раз большем. Именно поэтому в свечах зажигания зазор около 0,8 мм, а величина импульса напряжения, умноженного на коэффициент запаса, около 20 кВ и более.

Процесс сгорания рабочей смеси разделяется на три фазы: начальную, когда формируется пламя, возникающее от искрового разряда в свече, основную, когда пламя распространяется на большей части камеры сгорания, и конечную, когда пламя догорает у стенок камеры. Этот процесс требует определенного времени. Наиболее полное сгорание рабочей смеси достигается своевременной подачей сигнала на воспламенение, т.е. установкой оптимального угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя.

Угол опережения зажигания определяется по углу поворота коленчатого вала двигателя от момента возникновения искры до момента достижения поршнем верхней мертвой точки. Если угол опереже-

ния зажигания больше оптимального, то зажигание раннее. Давление в камере сгорания при этом достигает максимума до достижения поршнем верхней мертвой точки и оказывает противодействующее воздействие на поршень. Раннее зажигание может явиться причиной возникновения детонации. Если угол опережения зажигания меньше оптимального, зажигание позднее, в этом случае двигатель перегревается.

На начальную фазу сгорания влияет энергия и длительность искрового разряда в свече. В современных системах энергия разряда достигает 50 МДж, а его длительность 1–2,5 мс.

При одинаковом принципе работы системы зажигания по своим конструктивным и схемным выполнениям делятся на контактную систему (иначе ее называют классической), контактно-транзисторную и бесконтактную электронные системы зажигания.

По способу накопления энергии различаются системы с накоплением энергии в индуктивности и в емкости. В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой высоковольтный трансформатор, содержащий две обмотки: первичную с малым числом витков и омическим сопротивлением в доли и единицы Ома и вторичную с большим числом витков и омическим сопротивлением в единицы и десятки к Ом. Коэффициент трансформации катушки лежит в пределах 50–150.

2.2. Датчики и исполнительные устройства

2.2.1. Катушка 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 и замкнутым магнитопроводом. 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 и только несколько десятых долей миллиметра – по воздуху. Конструкции катушек с разомкнутым и замкнутым магнитопроводом 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 рис. 4.2.

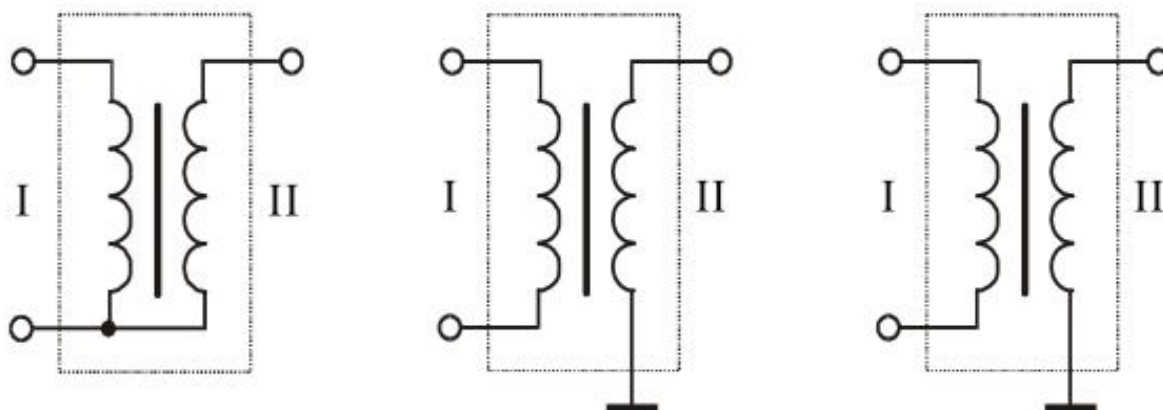


Рис. 4.2. Электрические схемы катушек зажигания

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.

2.2.2. Датчики частоты вращения коленчатого вала

В современных системах зажигания для управления коммутаторами используются различные входные датчики, управляющие углами зажигания представленными на рис. 4.3:

а – контактный датчик. Недостатки – нестабильность сигнала, малая наработка на отказ;

б – магнитоэлектрический датчик. Недостатки – невозможность получения стабильного сигнала на низких оборотах ротора;

в – феррорезистивный датчик. Недостатки – зависимость сигнала от температуры;

г – датчик Холла. Недостатки – сложная технология изготовления;

д – электрогенераторный датчик. Недостатки – сложность схемы;

е – фотоэлектрический датчик. Недостатки – низкая надежность;

ж – оптоэлектронный датчик. Недостатки – возможность загрязнения оптического канала;

и – генераторный датчик. Недостатки – сложность.

Наибольшее распространение среди датчиков систем зажигания получил датчик Холла.

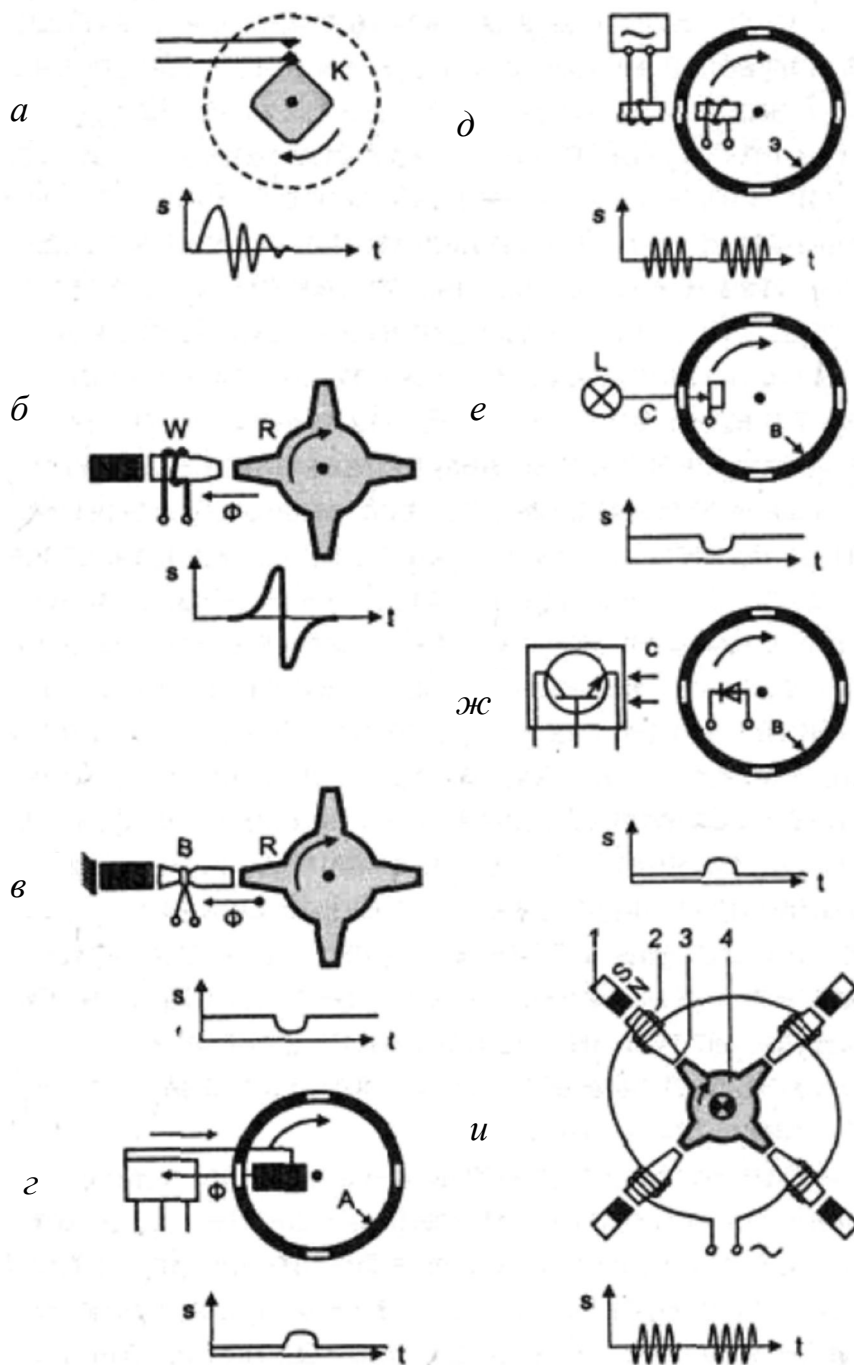


Рис. 4.3. Датчики частоты вращения

2.3. Контактные системы зажигания

2.3.1. Классическая контактная система зажигания

В контактной системе зажигания (рис. 4.4) коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым прерывательным механизмом. Кулачок прерывателя 9 связан с колен-

чатый валом двигателя через зубчатую или зубчато-ременную передачу, причем частота вращения вала кулачка вдвое меньше частоты вращения вала двигателя.

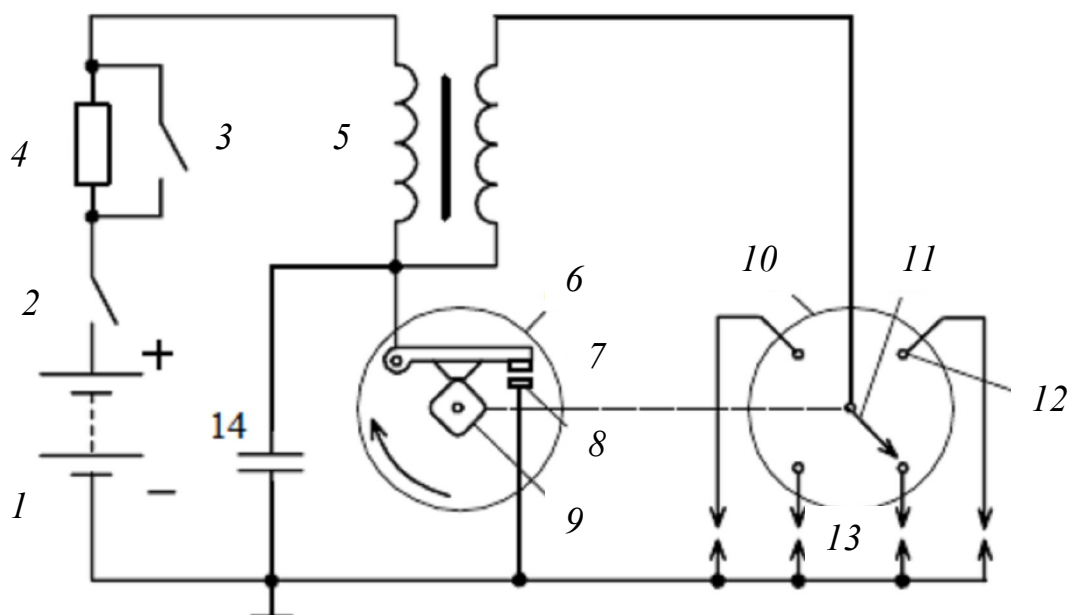


Рис 4.4. Принципиальная схема классической контактной системы зажигания:

- 1 – аккумуляторная батарея; 2,3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7,8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель; 11 – ротор (бегунок); 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор

Угол опережения зажигания устанавливается изменением положения кулачка относительно приводного вала или углового положения пластины прерывателя, на которой закреплена ось его подвижного рычажка. Время замкнутого и разомкнутого состояния контактов определяется конфигурацией кулачка, частотой вращения и зазором между контактами.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня, и для того чтобы смесь успела сгореть при увеличении частоты вращения, угол опережения зажигания должен быть увеличен.

В момент, необходимый для подачи искрового импульса на зажигание, прерыватель разрывает свои контакты 7–8 (см. рис. 4.4), после чего возникает колебательный процесс, связанный с обменом

энергией между магнитным полем катушки и электрическим полем в емкости I_4 .

Амплитуда колебаний напряжения, приложенного к электродам свечи U_2 , убывает по экспоненте, как показано на рис. 4.3, пунктиром.

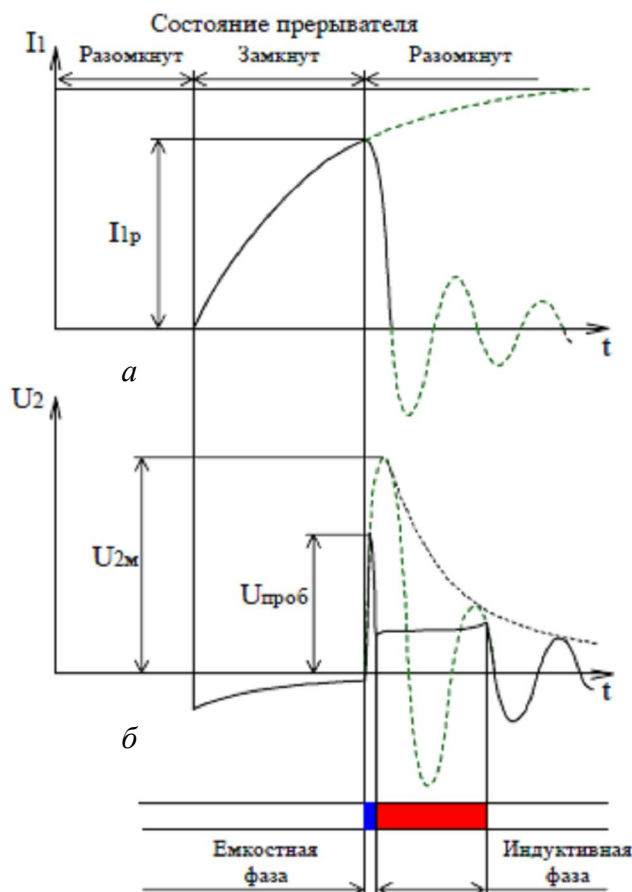


Рис. 4.5. Временные диаграммы:

a – тока в первичной цепи I_1 ;

$б$ – вторичного напряжения U_2 системы зажигания

Однако интерес представляет лишь первая полуволна напряжения, так как, если ее максимальное значение U_{2m} превышает напряжение пробоя искрового промежутка $U_{пр}$, возникает искра. Величина U_{2m} зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания $K = w_2/w_1$ (w_2 и w_1 соответственно число витков вторичной и первичной обмоток катушки), величины тока первичной обмотки в момент разрыва I_{1p} , а также индуктивности и емкости, первичной и вторичной цепей.

После пробоя искрового промежутка вторичное напряжение резко уменьшается (рис. 4.5). При этом в искровом промежутке сначала искра имеет емкостную фазу, связанную с разрядом емкостей на

промежуток, а затем индуктивную, во время которой в искре выделяется энергия, накопленная в магнитном поле катушки. Емкостная составляющая искры обычно кратковременна, очень ярка, имеет голубоватое свечение. Сила тока в искре велика даже при малом количестве протекающего в ней электричества. Индуктивная составляющая отличается значительной продолжительностью, небольшой силой тока и неярким красноватым свечением. Осциллограмма вторичного напряжения, соответствующая рис. 4.5, является признаком нормальной работы системы зажигания. О нормальной работе свидетельствует и вид искры между электродами свечи. В исправной системе она имеет яркое ядро, окруженное пламенем красноватого цвета.

При запуске двигателя требуется большая энергия искры, чем при работающем двигателе. Для выполнения этого условия в электрическую схему системы зажигания (см. рис. 4.4) введен добавочный резистор 4. Во время запуска двигателя этот резистор закорочен контактами 3 ключа зажигания. Ток в первичной цепи проходит через эти контакты, тем самым повышается энергия искры. После запуска двигателя контакты ключа размыкаются, ток в первичной цепи идет через добавочный резистор и становится меньше, соответственно энергия искры уменьшается. При меньшем токе меньше нагревается катушка зажигания. Это увеличивает её надежность и срок службы.

2.3.2. Контактно-транзисторная система зажигания

Контактно-транзисторная система зажигания явилась переходным этапом от контактной к бесконтактным электронным системам. В ней устраняется недостаток контактной системы – подгорание и износ контактов прерывателя, коммутирующих цепь с индуктивностью и значительной силой тока. В контактно-транзисторной системе первичную цепь обмотки возбуждения коммутирует транзистор, управляемый контактами прерывателя. С применением контактно-транзисторной системы на автомобиле появился новый блок – электронный коммутатор, объединяющий в себе силовой коммутирующий транзистор и элементы схемы его управления и защиты.

На рис. 4.6 представлена схема контактно-транзисторного зажигания с коммутатором ТК 102, которая более четверти века обеспечивает зажигание восьмицилиндровых двигателей автомобилей ЗИЛ и ГАЗ.

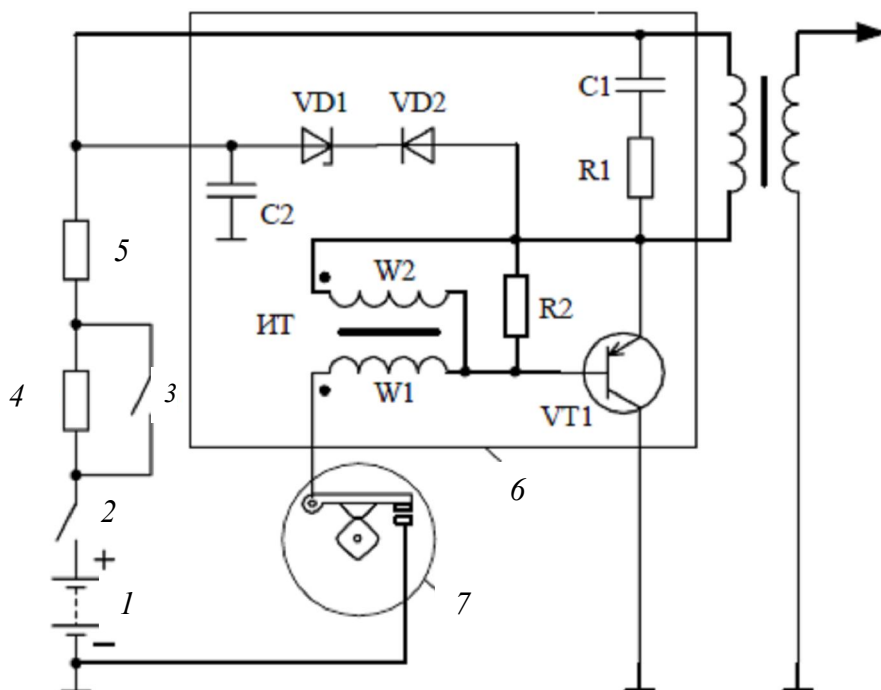


Рис. 4.6. Контактнo-транзисторная система зажигания с коммутатором ТК 102:

1 – аккумуляторная батарея; 2,3 – контакты выключателя зажигания; 4,5 – добавочные резисторы; 6 – коммутатор; 7 – прерыватель

2.4. Бесконтактные системы зажигания

2.4.1. Бесконтактная система зажигания на основе магнитоэлектрического датчика

Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком показана на рис. 4.7.

ЭДС с магнитоэлектрического (индуктивного) датчика усиливается по величине усилителем-формирователем 8, который превращает непрерывный сигнал с датчика в прямоугольные импульсы, а также компенсирует зависимость амплитуды сигнала от скорости вращения вала двигателя. Его выходной сигнал управляет электронным ключом 9, который коммутирует ток в катушке зажигания. В качестве электронного ключа используется биполярный или полевой транзистор. При выключении ключа 9 возникает противо ЭДС, величина которой может достигать 100 В и более. Для того чтобы защитить ключевой транзистор от пробоя, параллельно ему включен стабилитрон, который пропускает ток, если напряжение на нем больше напряжения

стабилизации. Это напряжение должно быть меньше пробивного напряжения транзистора.

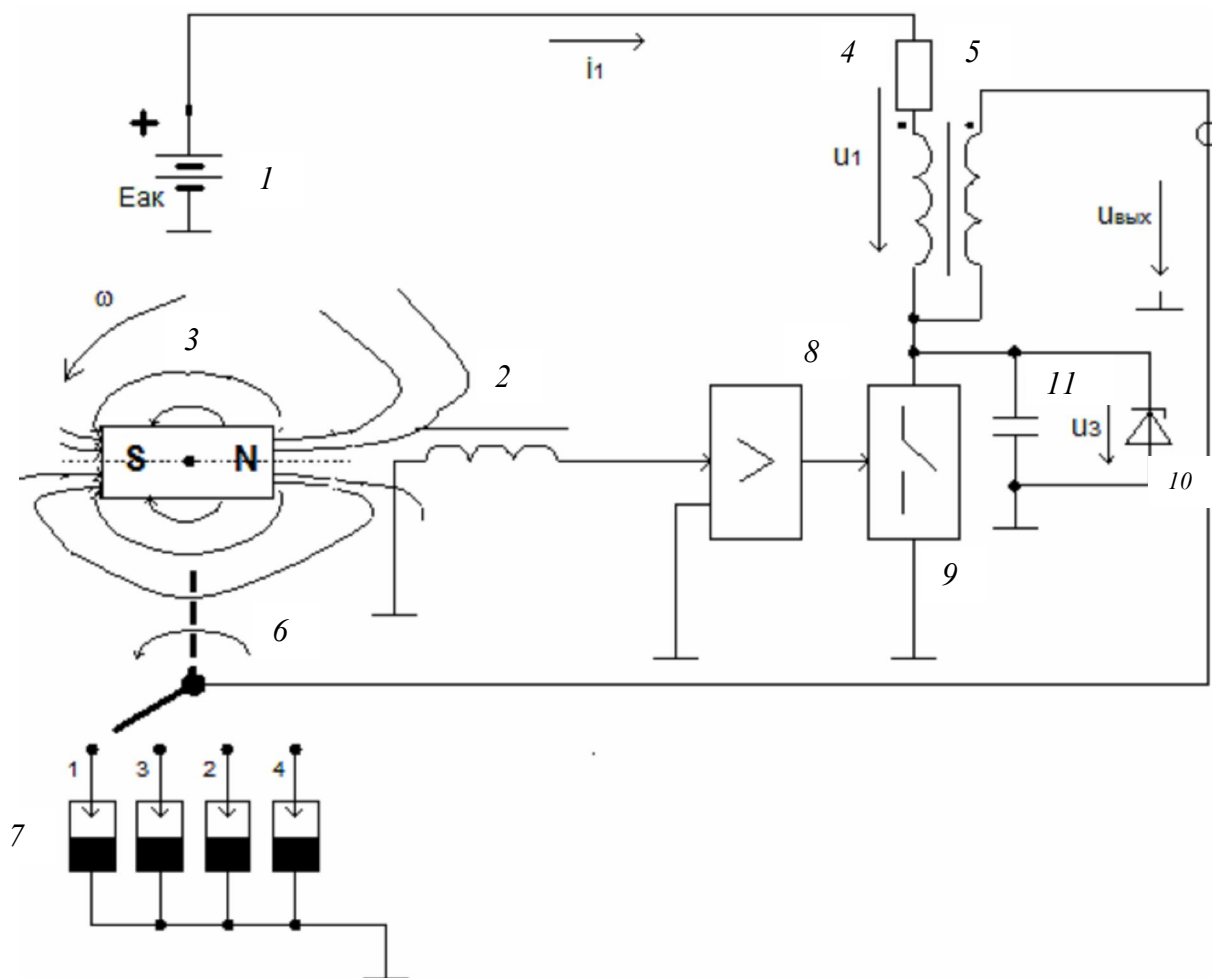


Рис. 4.7. Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком:

- 1 – источник питания (аккумулятор);
- 2 – магнитоэлектрический датчик;
- 3 – вращающийся постоянный магнит;
- 4 – суммарное активное сопротивление контура первичной обмотки (внутреннее сопротивление аккумулятора, первичной обмотки, электронного ключа и подводящих проводов);
- 5 – катушка зажигания;
- 6 – вращающийся вал распределителя;
- 7 – свечи зажигания;
- 8 – усилитель-формирователь сигнала с датчика;
- 9 – транзисторный ключ;
- 10 – защитный стабилитрон;
- 11 – конденсатор, задающий величину и форму импульса с выхода катушки зажигания

Вал распределителя при вращении проходит мимо неподвижных электродов распределителя, число которых равно числу цилиндров двигателя. Каждый электрод соединен проводом с соответствующей свечой.

2.4.2. Бесконтактная система зажигания на основе датчика Холла

В этой системе зажигания отсутствует механический прерыватель в распределителе зажигания. Прерывание тока через катушку зажигания делает электронный ключ, который управляется датчиком Холла.

Достоинство этого датчика по сравнению с магнитоэлектрическими датчиками состоит в том, что величина его выходного сигнала не зависит от частоты вращения коленчатого вала автомобиля.

Конструктивно датчик Холла (ДХ) представляет собой полупроводниковую пластину толщиной меньше одного миллиметра, на боковые грани нанесены металлические электроды, к которым припаяны выводы. Выводы и пластина покрываются эпоксидным клеем с целью получения необходимой механической прочности.

Принцип работы ДХ состоит в следующем: через пластину в направлении от *a* к *b* (рис. 4.8) проходит постоянный ток I_x от источника питания через регулируемый резистор \mathcal{Z} , с помощью которого устанавливается определенная величина тока I_x .

Если пластина пронизывается магнитным потоком, проходящим перпендикулярно плоскости пластины, между пластинами *c* и *d* возникает ЭДС Холла за счет действия силы Лоренца. Сила Лоренца определяется как величина заряда q , движущегося в магнитном поле, умноженная на векторное произведение индукции магнитного поля B на скорость движения заряда V . Вектор $F_{\text{л}}$ направлен перпендикулярно плоскости, в которой находятся векторы B и V :

$$F_{\text{л}} = q \cdot [BV].$$

В реальных системах зажигания магнитное поле создается неподвижным магнитом, который отделен от датчика металлическим магнитомягким вращающимся стаканом (экраном) с прорезями (см. рис. 4.8).

Если между ДХ и магнитом находится экран, магнитный поток замыкается через него и ДХ не пронизывается магнитным полем. Поэтому на его выходе отсутствует сигнал e_x . Если между магнитом и ДХ прорезь, то магнитный поток пронизывает ДХ и на его выходе появляется сигнал.

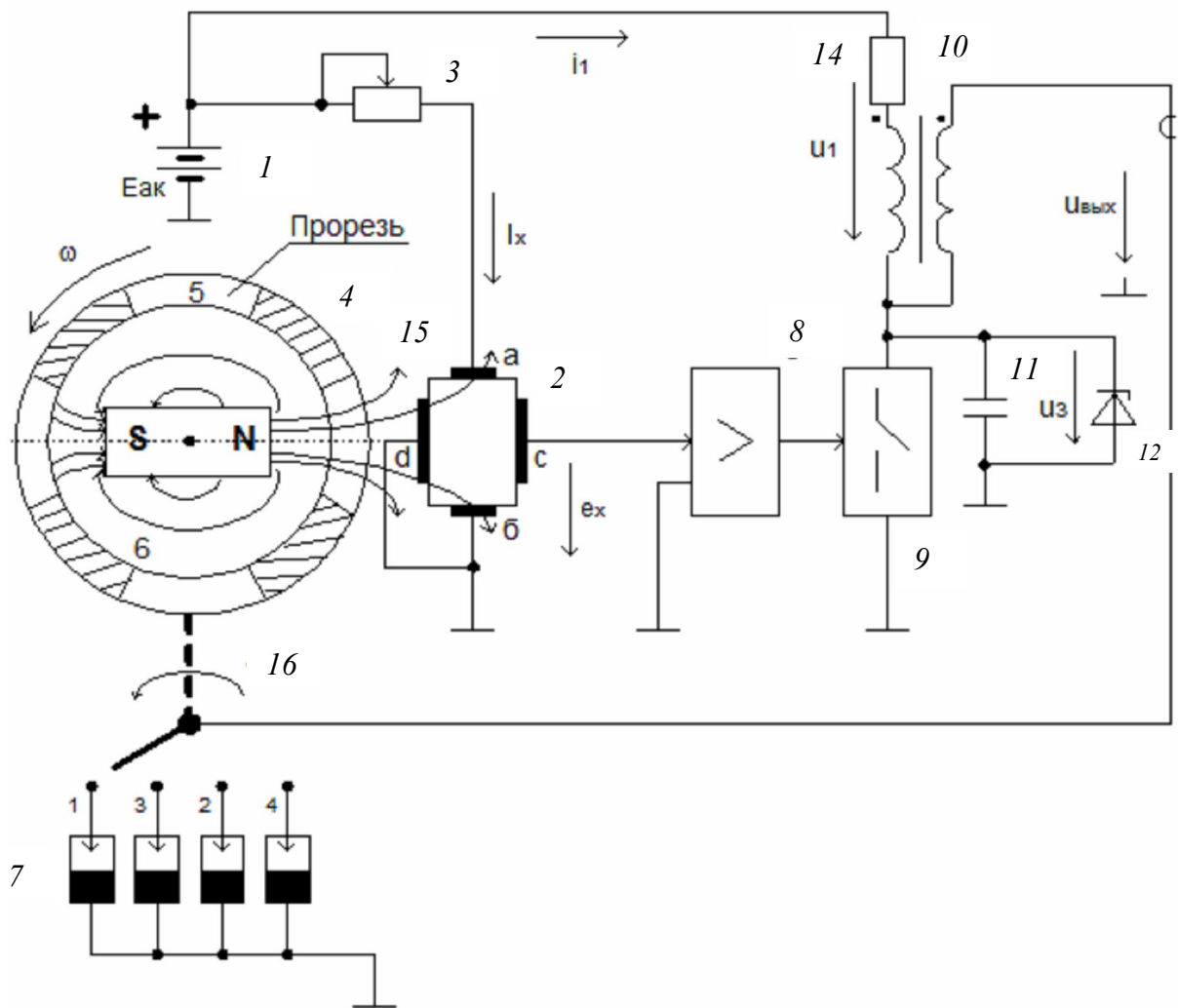


Рис. 4.8. Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла:

- 1 – источник питания (аккумулятор); 2 – датчик Холла; 3 – сопротивление установки тока датчика Холла; 4 – вращающийся экран; 5 – окно экрана; 6 – неподвижный постоянный магнит; 7 – свечи зажигания; 8 – усилитель сигнала датчика Холла; 9 – транзисторный ключ; 10 – катушка зажигания; 11 – конденсатор, задающий величину и форму импульса с выхода катушки зажигания; 12 – защитный стабилитрон; 13 – высоковольтный провод; 14 – суммарное активное сопротивление контура первичной обмотки (внутреннее сопротивление аккумулятора, первичной обмотки, электронного ключа и подводящих проводов); 15 – силовые линии постоянного магнита; 16 – распределитель зажигания

ЭДС Холла усиливается по величине усилителем 8, выходной сигнал которого управляет электронным ключом 9. Величина тока I_x обычно имеет значение в несколько десятков миллиампер, при этом e_x имеет величину в несколько милливольт при реальных значениях индукции магнитного поля. Прорези экрана выполняются таким обра-

зом, чтобы ключ 9 размыкался в момент подхода поршня к верхней мертвой точке (в.м.т.). Для этого необходимо, чтобы соответствующим образом был ориентирован экран 4.

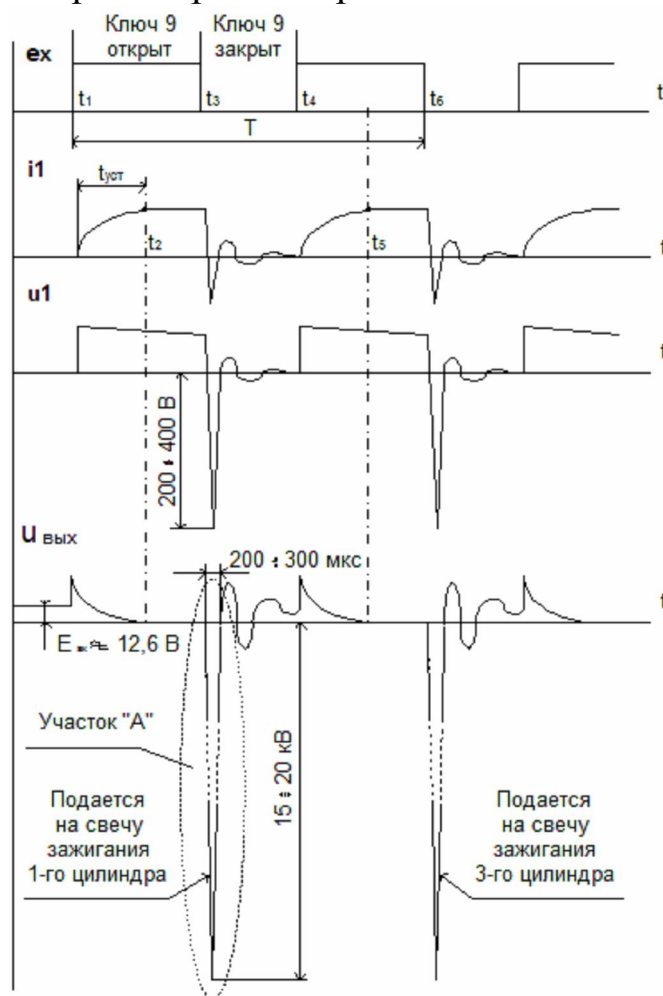


Рис. 4.9. Графики сигналов бесконтактной системы зажигания:
 e_x – ЭДС датчика Холла; i_1, u_1 – ток и напряжение первичной обмотки катушки зажигания; $u_{\text{вых}}$ – высоковольтный импульс вторичной обмотки катушки зажигания; T – время поворота коленчатого вала на один оборот

При размыкании ключа 9 в катушке зажигания (КЗ) 10 за счет быстрого уменьшения тока через первичную обмотку возникает ЭДС-индукция, которая трансформируется во вторичную обмотку. Это приводит к индуцированию высоковольтного импульса на вторичной обмотке, который поступает на определенную свечу зажигания в зависимости от положения распределителя зажигания 16, жестко связанного с вращающим экраном 4. При этом накопленная энергия магнитного поля гасится в искровом промежутке свечи.

На рис. 4.9 и 4.10 приведены графики, поясняющие работу бесконтактной системы зажигания. Как видно из рис. 4.9, когда ключ 9

открыт под действием выходного напряжения с усилителя δ , через первичную обмотку КЗ нарастает ток по экспоненциальному закону и в магнитной системе КЗ запасается энергия магнитного поля. К моменту времени t_2 ток i_1 устанавливается, а его величина равна E / R_{Σ} , (R_{Σ} – суммарное сопротивление цепи первичной обмотки). Время $t_{уст}$ можно считать приближенно равным

$$t_{уст} = 3 \cdot \tau_1 = 3 \cdot L_1 / R_{\Sigma} ,$$

где L_1 – индуктивность первичной обмотки КЗ;

τ_1 – постоянная времени первичной обмотки.

В момент времени t_3 ключ θ закрывается и ток i_1 начинает быстро уменьшаться. В результате на вторичной обмотке появляется высоковольтный импульс напряжения, под действием которого образуется искра.

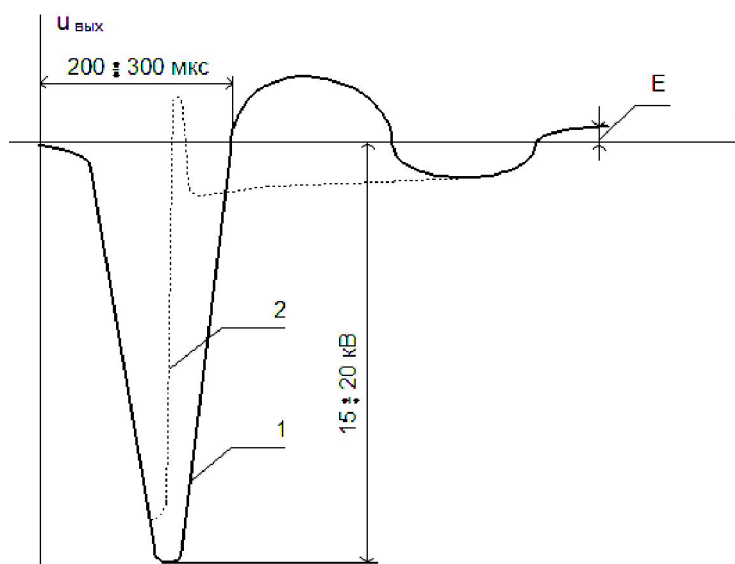


Рис. 4.10. Участок А кривой выходного напряжения катушки зажигания в расширенном временном диапазоне:

1 – временная форма выходного сигнала в режиме холостого хода (искра не образуется); 2 – временная форма (искра образуется)

2.4.3. Микропроцессорная система зажигания

В микропроцессорной системе зажигания (рис. 4.11) не используются традиционные распределитель и катушка зажигания. Здесь применяется модуль зажигания, состоящий из двух катушек зажигания и управляющей электроники высокой энергии. Микропроцессор-

ная система зажигания не имеет подвижных деталей и поэтому не требует обслуживания. Она также не имеет регулировок (в т.ч. и угла опережения зажигания), т.к. управление зажиганием осуществляет контроллер.

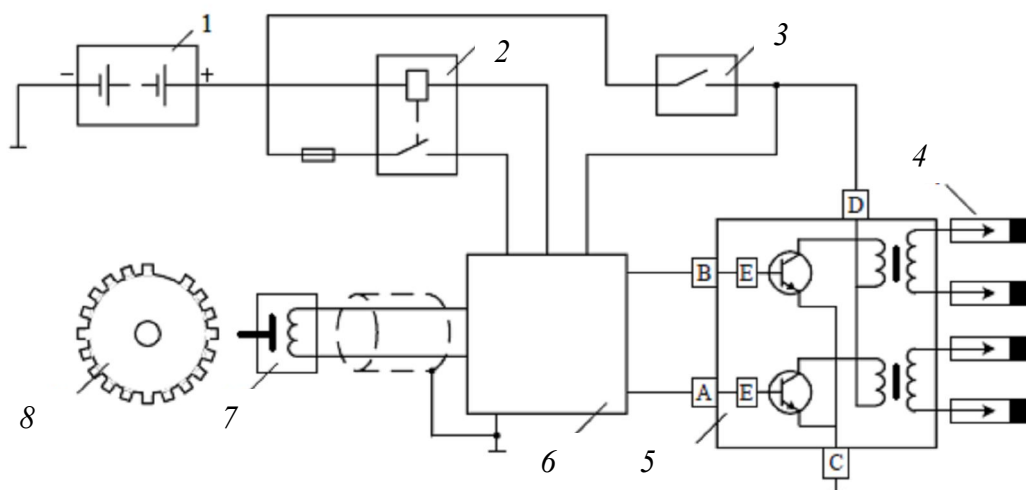


Рис. 4.11. Микропроцессорная система зажигания

В системе зажигания применяется метод распределения искры, называемый методом «холодной искры». Цилиндры двигателя объединены в пары 1–4 и 2–3 и искрообразование происходит одновременно в двух цилиндрах: в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия (рабочая искра), и в цилиндре, в котором происходит такт выпуска (холостая искра). В связи с постоянным направлением тока в обмотках катушек зажигания ток искрообразования у одной свечи всегда протекает с центрального электрода на боковой, а у второй – с бокового на центральный. Зазор между электродами свечей составляет 1,0–1,15 мм.

Управление зажиганием в системе осуществляется с помощью контроллера. Датчик положения коленчатого вала подает в контроллер опорный сигнал, на основе которого контроллер делает расчет последовательности срабатывания катушек в модуле зажигания. Для точного управления зажиганием контроллер использует следующую информацию:

- Частоту вращения коленчатого вала.
- Нагрузку двигателя (массовый расход воздуха).
- Температуру охлаждающей жидкости.
- Положение коленчатого вала.
- Наличие детонации.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Описание лабораторного стенда

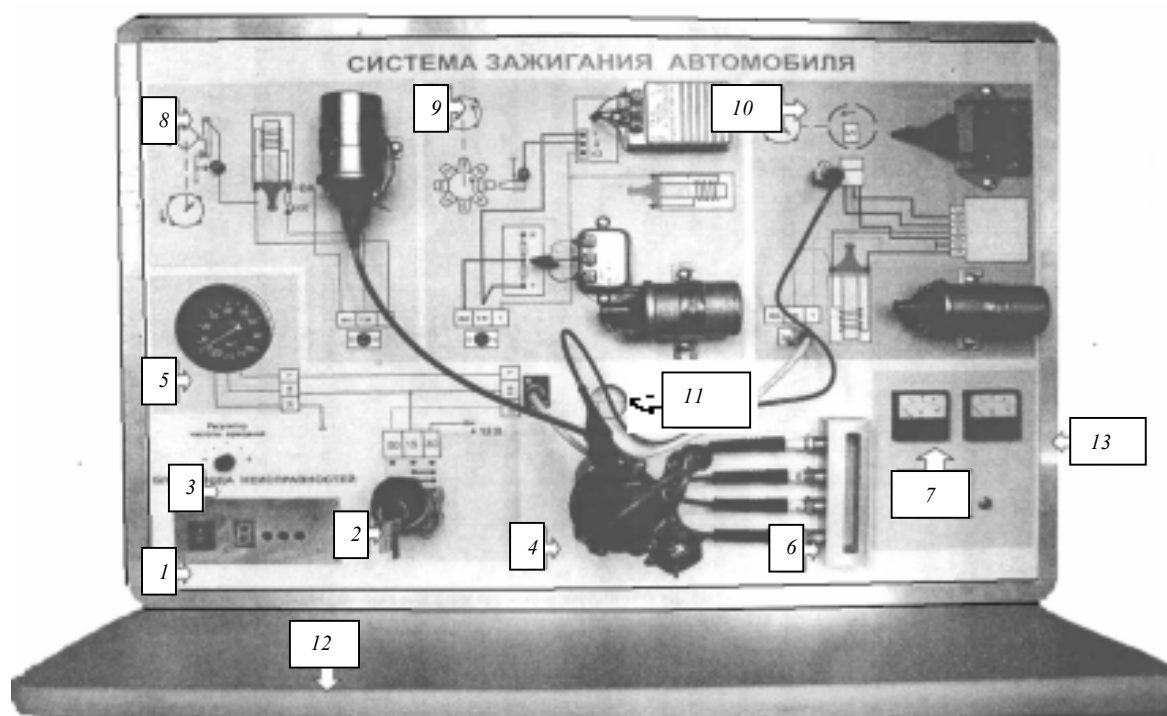


Рис. 4.12. Стенд-тренажер «Система зажигания автомобиля»:

1 – клавиша «Сеть»; 2 – замок зажигания; 3 – регулятор частоты вращения привода распределителей зажигания; 4 – корпус привода распределителей зажигания; 5 – тахометр; 6 – камера для свечей зажигания; 7 – панель контрольно-измерительных приборов; 8 – блок схема контактной системы зажигания; 9 – блок - схема системы зажигания с индуктивным датчиком; 10 – блок-схема системы зажигания с датчиком Холла; 11 – окошко для контроля угла опережения зажигания; 12 – основание стенда; 13 – корпус.

В верхней части передней панели стенда располагаются схемы различных систем зажигания и элементы их конструкции. Панельное расположение элементов конструкции систем зажигания позволяет оперативно менять любой элемент системы зажигания и подключать различное диагностическое оборудование, что может быть использовано для изучения конструкции систем зажигания и методов их диагностирования.

На каждой схеме имеется клемма «50,15,1», которая используется для подключения соответствующей системы зажигания к панелям замка зажигания и тахометра через универсальный соединительный шнур.

Схема 9 и расположенные над ней элементы предназначены для изучения конструкции бесконтактной системы зажигания с индуктивным датчиком. Датчик-распределитель крепится с помощью винтового зажима в переходнике, находящимся на передней панели стенда. Датчик-распределитель подключается к системе зажигания в соответствии со схемой, нанесённой на лицевую панель стенда. Добавочное сопротивление системы зажигания используется для коммутаторов, имеющих нерегулируемое время накопления энергии, например для коммутатора 13.3734-01. При использовании коммутаторов с регулируемым временем накопления энергии 131.3734, 90.3734, 943734 и др. добавочное сопротивление не подключать.

Схема 8 и расположенные над ней элементы принадлежат к контактной системе зажигания. Прерыватель-распределитель крепится с помощью винтового зажима в том же переходнике, что и датчик-распределитель предыдущей системы.

Схема 10 иллюстрирует монтажную схему бесконтактной системы зажигания автомобилей, снабжённую датчиком Холла.

Датчик-распределитель подключается к схеме с помощью стандартного разъёма.

На лицевой панели стенда-тренажера находится блок ввода неисправностей. Блок позволяет имитировать (задавать) пять характерных эксплуатационных неисправностей.

На задней стороне стенда размещены гнездо для подключения сетевого шнура и сетевой предохранитель.

3.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Произведите внешний осмотр стенда и убедитесь в надёжном креплении крепежных винтов, отсутствии отключённых разъемов датчиков, оторванных проводов, механических повреждений.

2. Убедитесь, что в стенд установлен распределитель 17.3706 для контактной системы зажигания.

3. Подключите автомобильный многофункциональный стробоскоп Astro L1 (рис. 4.13). Прибор позволяет контролировать правильность установки угла опережения зажигания, проверять работу цен-

тробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания бензиновых двигателей.

Его особенности:

- повышенная яркость вспышки;
- высокочувствительный емкостной датчик-прищепка, не требуется соблюдение полярности при подключении;
- питание лампы от первичной цепи катушки зажигания.

Технические характеристики:

1. Обороты двигателя без снижения яркости вспышек не менее 900 об/мин.

2. Обороты двигателя со снижением яркости вспышек – на 20% не менее 1600 об/мин.

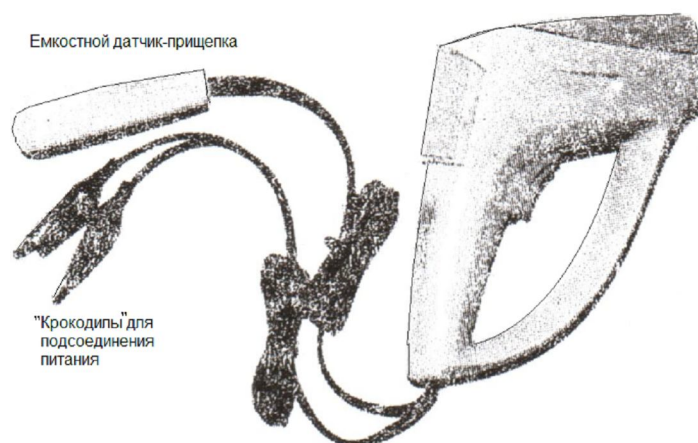


Рис. 4.13. Автомобильный многофункциональный стробоскоп Astro L1

Меры безопасности при работе с прибором.

При эксплуатации прибора **запрещается:**

- отключать и переключать при наличии на приборе напряжения кабели и датчики;
- подключать прибор к стенду при включенном напряжении сети.

ВНИМАНИЕ! ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА ПРОИЗВОДИТЕ ТОЛЬКО ПРИ ВЫКЛЮЧЕННОМ СТЕНДЕ.

4. Подготовка к измерениям. Освободите высоковольтный провод, к которому будет подключен емкостной датчик-прищепка, от пластикового держателя и отведите провод в сторону на максимальное расстояние от остальных высоковольтных проводов для избежания наводок при измерениях.

Не допускайте расположения металлических предметов и других высоковольтных проводов рядом с емкостным датчиком ближе 10 см.

Схема подключения прибора:

Подключение прибора к классическим системам зажигания с механическим прерывателем или электронным коммутатором выполняется в соответствии со схемой на рис. 4.14. Любой из проводов питания прибора присоедините к массе стенда. Второй провод питания прибора подключите к клемме катушки зажигания, соединенной с механическим прерывателем или электронным коммутатором.

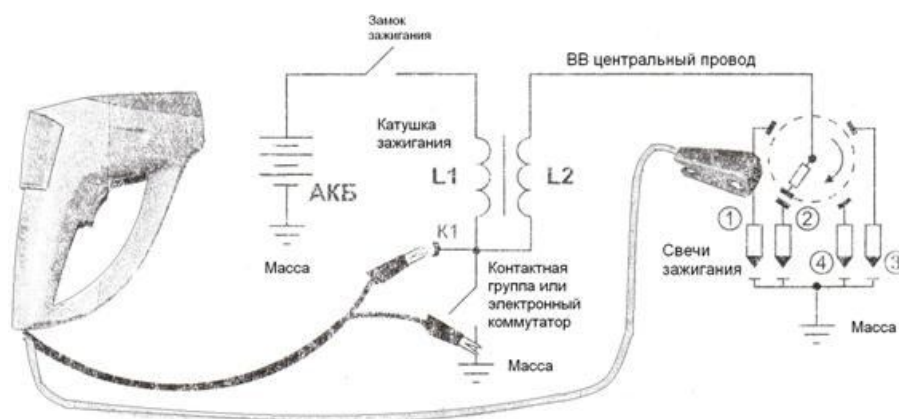


Рис. 4.14. Схема подключения стробоскопа Astro L1

Закрепите емкостный синхронизатор на высоковольтном проводе свечи первого цилиндра в непосредственной близости от неё.

5. Подключите стенд к внешней сети 220 В, 50 Гц с помощью сетевого шнура.

6. Включите клавишу «Сеть». По свечению клавиши убедитесь, что питание подано. Поверните выключатель замка зажигания, «Зажигание включено». Должна включиться контрольная лампа. Для проверки работоспособности органов управления стендом переведите регулятор числа оборотов из крайнего левого в крайнее правое положение, обороты имитатора коленчатого вала должны увеличиться с (800 ± 100) об/мин до 3500 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступить к выполнению измерений.

7. Снимите зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов двигателя.

Перед проведением измерений необходимо определить места расположения неподвижной шкалы – в окошке 11 на передней панели стенда (рис. 4.12) и подвижной метки на вращающемся диске в том

же окошке. Подвижная метка будет видна, если окошко *11* осветить лампой стробоскопа, подключенного к стенду по схеме на рис. 4.14, нажав на клавишу включения, расположенную на стробоскопе.

Изменяя обороты двигателя вращением ручки регулятора числа оборотов регистрируйте значение угла опережения зажигания β , освещая стробоскопом окошко *11*. Результаты измерений занесите в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

V, обор/мин	1000	2000	3000	4000	5000
Угол β , град.					

При снятии характеристик центробежного регулятора не увеличивайте без крайней необходимости число оборотов привода более 5000 об/мин. Возможно повреждение центробежного регулятора распределителя зажигания (обрыв крепления грузов и пружин).

8. Снимите зависимость угла опережения зажигания от разряжения.

Примечание: при работающем двигателе разряжение возникает под дроссельной заслонкой во время всасывания воздуха в цилиндры. Оно увеличивается при увеличении нагрузки на двигатель.

Для создания разряжения используйте пневмотестер НV9. (рис. 4.15).

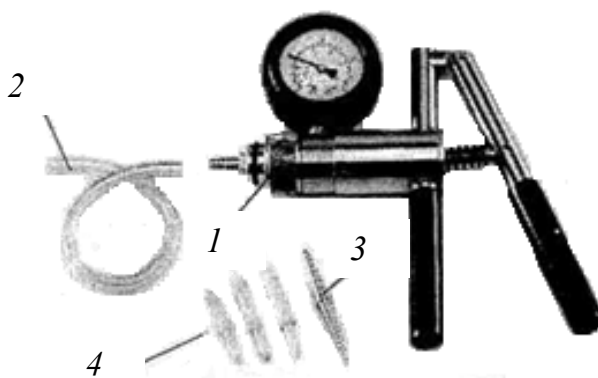


Рис. 4.15. Пневмотестер НV9:

1 – гайка с насечкой для переключения режимов работы;
2 – соединительная трубка; 3 – металлический наконечник;
4 – капроновые наконечники

Пневмотестер HV9. 1 предназначен для проверки вакуумного корректора угла опережения зажигания, контроля вакуумных датчиков, регуляторов и т.п.

Режимы работы пневмотестера переключаются вращением гайки с насечкой (рис. 4.16):

1 – Давление – режим создания давления до 3 атм. (42 psi).

2 – Закрыто.

3 – Вакуум – режим создания разрежения до -1 атм.

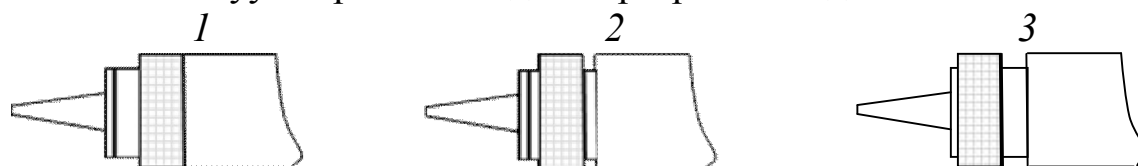


Рис. 4.16. Переключение режимов работы пневмотестера

Установите гайку с насечкой в положение 3 (см. рис. 4.16). При этом пневмотестер при сжатии рукояток будет всасывать воздух.

Соедините трубкой 2 (см. рис. 4.15) штуцеры пневмотестера и вакуумного корректора 4 (см. рис. 4.15), находящегося на распределителе системы зажигания.

Откачивая воздух из вакуумного корректора, работая ручками пневмотестера, регистрируйте давление по шкале пневмотестера и значение угла опережения зажигания в окошке 11 (см. рис. 4.12), освещающая окошко стробоскопом как в п. 7.

Результаты измерений занесите в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Зависимость угла опережения зажигания от разрежения

Р, мм рт. ст	0	-50	-100	-150	-200
Угол β , град.					

9. Определите цвет свечения дуги и его оттенки при изменении давления.

Соедините трубкой 2 (см. рис. 4.15) штуцеры пневмотестера и камеры свечей зажигания 6 (см. рис. 4.12), на лицевой панели стенда.

При помощи пневмотестера откачайте воздух из камеры свечей зажигания до -200 мм рт. ст. Запишите цвет и оттенки цвета работающих свечей.

Переключите режим работы пневмотестера на создание давления – положение гайки с насечкой 1 (см. рис. 4.16). Создайте в камере

давление до 3 атм. и наблюдайте за изменением оттенков искр в момент зажигания.

10. Отключение стенда выполнить в следующем порядке: повернуть регулятор числа оборотов против часовой стрелки, дождаться снижения оборотов, выключить тумблер замка зажигания и отключить клавишу «Сеть», вынуть шнур из сети питания.

3.3. Содержание отчета

1. Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Краткое описание принципа работы контактной системы зажигания.
3. Схема принципиальная электрическая контактной системы зажигания.
4. Табл. 5 и 6 и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и давления.
5. Выводы.

Контрольные вопросы и задания

1. Каков принцип работы контактной системы зажигания?
2. Нарисуйте временные диаграммы напряжения и тока в контактной системе зажигания.
3. Каково назначение контактной системы зажигания?
4. Каково назначение резистора 4 (см. рис. 4.6) в контактной системе зажигания?
5. Как зависит напряжение пробоя от давления и почему?
6. Объяснить механизм пробоя в газах.
7. Какими параметрами характеризуется система зажигания?
8. Почему возникает высокое напряжение во вторичной цепи?
9. Каков принцип работы вакуумного корректора?
10. Каков принцип работы октан-корректора?
11. Каков принцип работы корректора числа оборотов двигателя?
12. Каково назначение конденсатора (см. рис. 4.6)?
13. В чем недостатки и преимущества контактной системы зажигания?
14. Как формируется сигнал высокого напряжения в системе зажигания с магнитоэлектрическим датчиком?

15. Объясните назначение стабилитрона 10 (см. рис. 4.7) в системе зажигания с магнитоэлектрическим датчиком.
16. Объясните принцип работы датчика Холла.
17. Какие параметры определяются в микропроцессорной системе зажигания для регулирования момента зажигания?
18. Какие преимущества у микропроцессорных и бесконтактных систем зажигания по сравнению с контактно-транзисторной системой зажигания?

Библиографический список

1. Червенчук, А. Д. Основы электрооборудования автомобилей и тракторов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Д. Червенчук, А. А. Руппель, А. А. Зубарев ; СибАДИ, Кафедра ТДиАЭ. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2017. – Режим доступа: http://bek.sibadi.org/cgi-bin//cgiirbis_64.exe, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 30.08. 2017).
2. Федотов, А. И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении : учебник / А. И. Федотов. – М. : Академия, 2015. – 351 с.
3. Набоких, В. А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов : учебное пособие : допущено УМО РФ для студентов вузов / В. А. Набоких. – 2-е изд. – М. : Форум ; М. : ИНФРА-М, 2015. – 288 с.
4. Пузанков, А. Г. Автомобили. Устройство автотранспортных средств : учебник / А. Г. Пузанков. – 8-е изд., перераб. – М. : Академия, 2013. – 560 с.
5. Акимов, С.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей : учебник для вузов. – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 384 с.
6. Набоких, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей и тракторов : учебник / В. А. Набоких ; ред. И. П. Гаврилова. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2005. – 239 с.
7. Литвиненко, В.В., Майструк, А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели : краткий справочник. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.

Параметры проверки автомобильных стартеров

Тип стартера	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт	Холостой ход		Режим торможения		Шестерня привода	
			потребляемый ток, А не более	частота вращения, об/мин, не менее	тормозной	потребляемый ток, А не более	модуль	число
СТ 362-Л	12	0,67	65	5000	6,5	285	2,5	9
СТ 365-А	12	0,63	45	5000	6,5	280	2,5	9
СТ 366-6В	12	0,61	65	5000	7,5	300	2,5	9
СТ 368	12	0,87	70	5000	7,5	290	2,5	9
26.3708	12	1,13	70	500	10,5	370	2,11	9
40.3708	12	1,13	70	5000	10,5	370	2,5	9
СТ 4-А1	12	0,59	55	4000	7,5	250	2,5	9
СТ 221	12	1,3	35	5000 ±500	13	440	2,11	11
29.3708	12	1,3	75	5000 ⁺⁵⁰⁰ ₋₈₀₀	13	440	2,11	11
35.3708	12	1,3	75	5000 ⁺⁵⁰⁰ ₋₈₀₀	13,5	450	2,11	11
42.3708	12	1,65	75	5000	17	500	2,5	9
421.3708	12	1,65	75	5000	17	500	2,5	9
СТ 2-А	12	1,8	80	3400	20	530	3,0	9
СТ 130-А3	12	1,8	90	3400	25	560	3,0	9
СТ 230-А1; Б1-63	12	1,5	80	4000	19,5	460	2,5	9
СТ 230-И-К1	12	1,6	85	4000	19,5	460	3,0	11
СТ 230-Д	12	1,6	75	4000	19,5	460	2,5	9
СТ 230-Е-Л	12	1,32	75	4000	19,5	460	2,5	9
СТ 222-Л1	12	2,2	120	5000	22	540	3,0	10
24.3708; 241.3708; 242.3708	12	4,0	150	5000	26	700	3,0	10
20.3708; 201.3708; 202.3708	24	5,9	120	5000	19	465	3,0	10
СТ 25, СТ 100	24	5,3	90	5500	30	510	4,25	11
СТ 142-Б	24	8,3	130	7000	30	515	3,75	10
30.3708	24	7,3	130	7000	26	485	3,75	10
321.3708	24	8,3	130	7000	30	510	3,75	10
25.3708	24	8,0	110	5000	72	840	4,25	11
25.3708-01	24	8,2	110	5000	60	885	4,25	11
251.3708	24	8,2	110	500	60	885	3,75	10
253.3708	24	8,8	110	5000	50	790	4,25	11
38.3708	24	9,0	110	5000	50	790	3,75	10