



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум

Часть 2

**Минск
БНТУ
2015**

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
по направлениям 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация
автомобилей. Автотранспорт общего и личного пользования»,
1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей.
Военная автомобильная техника», 1-37 01 07 «Автосервис»,
1-08 01 01 «Профессиональное обучение» по направлению
1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение.
Автомобильный транспорт»

В 3 частях

Часть 2

СИСТЕМА ПУСКА И ЗАЖИГАНИЯ

УДК 629.331.064.5(076.5)(075.8)

ББК 39.33-04я7

Э45

Составители части:

А. С. Гурский, Г. А. Самко

Рецензенты:

Д. В. Третьяк, А. Н. Петрученко

Электрооборудование автомобилей : лабораторный практикум
Э45 для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» по направлениям 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей. Автотранспорт общего и личного пользования», 1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей. Военная автомобильная техника», 1-37 01 07 «Автосервис», 1-08 01 01 «Профессиональное обучение» по направлению 1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение. Автомобильный транспорт» : в 3 ч. / сост.: А. С. Гурский, Г. А. Самко. – Минск : БНТУ, 2010– . – Ч. 2: Система пуска и зажигания. – 2015. – 98 с.

ISBN 978-985-550-240-2 (Ч. 2).

Изложены методические указания к лабораторным работам по изучению устройства, технического обслуживания и ремонта систем пуска и зажигания двигателя внутреннего сгорания, методов и средств диагностирования этих систем с детальным рассмотрением стендов Э211 и СПЗ-8М.

Часть 1 «Система электроснабжения» (составители А. С. Гурский, А. В. Казацкий) издана в 2010 г.

УДК 629.331.064.5(076.5)(075.8)

ББК 39.33-04я7

ISBN 978-985-550-240-2 (Ч. 2)

ISBN 978-985-525-174-4

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

Лабораторная работа № 1

УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ ПУСКА

Цель работы

1. Изучить конструкцию, технические и электромеханические характеристики системы пуска, способы проверки исправности стартеров и их основные регулировки.
2. Получить навыки общего и поэлементного диагностирования стартера и системы пуска в целом.

Оборудование и инструменты: стенд Э-211, прибор ППЯ-5, тахометр переносный, аккумуляторная батарея, инструменты (набор ключей, отвертка), учебные плакаты и таблицы с техническими характеристиками стартеров.

Общие сведения

Назначение и классификация систем пуска и стартеров

Электростартеры преобразуют получаемую от аккумуляторной батареи электрическую энергию в механическую работу, затрачиваемую на вращение коленчатого вала двигателя при пуске. Стартеры для бензиновых двигателей должны обеспечить пусковую частоту вращения коленчатого вала не менее 50 мин^{-1} , для дизельных – не менее $100\text{--}150 \text{ мин}^{-1}$. Продолжительность включения при пуске бензинового двигателя не должна превышать 20 с, а дизельного 30 с. Схема электрическая принципиальная системы пуска приведена на рис. 1.1.

Электростартеры классифицируют по способу возбуждения электродвигателя, типу механизма привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от влияния окружающей среды.

Стартер должен обеспечить необходимую частоту вращения коленчатого вала и обладать максимальным крутящим моментом для преодоления момента сопротивления двигателя, поэтому большинство стартеров выпускается с электродвигателями последовательного возбуждения. В последнее время для ограничения частоты вращения на холостом ходу выпускаются стартеры с электродвигате-

лями смешанного и постоянного возбуждения. Электродвигатели стартеров обычно выполняются четырехполюсными. Электростартеры выпускают в герметизированном исполнении.

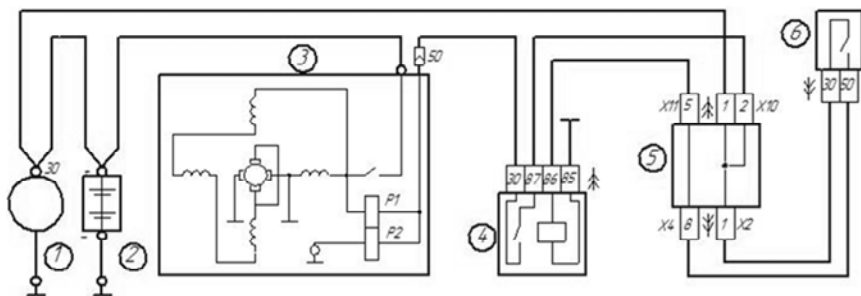


Рис. 1.1. Схема электрическая принципиальная системы пуска:
1 – генераторная установка; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – стартер; 4 – реле включения стартера; 5 – монтажный блок; 6 – выключатель зажигания; P1 – втягивающая обмотка тягового реле; P2 – удерживающая обмотка тягового реле

По типу привода различают следующие виды стартеров:

- с принудительным вводом и выводом шестерни. В этой конструкции шестерня находится в зацеплении, пока двигатель не начнет самостоятельно работать. Для исключения ударных нагрузок основная электрическая цепь замыкается после входа приводной шестерни с венцом маховика двигателя. С целью предотвращения разноса имеется роликовая муфта свободного хода; как правило, имеется реле блокировки, отключающее питание стартеров при работающем двигателе;

- принудительным вводом шестерни в зацепление и автоматическим выходом из зацепления (привод с барабаном Даймлера).

По конструктивным особенностям муфты свободного хода подразделяются:

- на шариковые (однорядные, двухрядные, трехрядные);
- роликовые (однорядные, двухрядные);
- храповые.

Высокая прочность храповой муфты позволяет применять привод данного типа в стартерах, предназначенных для пуска дизельных двигателей с большим объемом.

Устройство стартеров

Электростартер объединяет в себе электродвигатель и механизм привода с электромагнитным тяговым (втягивающим) реле, муфтой свободного хода (МСХ) и шестерней понижающего редуктора. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор при недостаточном передаточном числе от шестерни привода к венцу маховика.

На рис. 1.2 показано устройство стартера СТ 221. Основными узлами и деталями электростартера являются корпус 20 с полюсами 19 и катушками 18 обмотки возбуждения, якорь 13 с коллектором 16, пакетом пластин и обмоткой 21, механизм привода с электромагнитным тяговым реле 9, муфтой свободного хода 3 и шестерней 1, крышки 7 (со стороны привода) и 14 (со стороны коллектора), щеточный узел со щеткодержателями, щетками и щеточными пружинами.

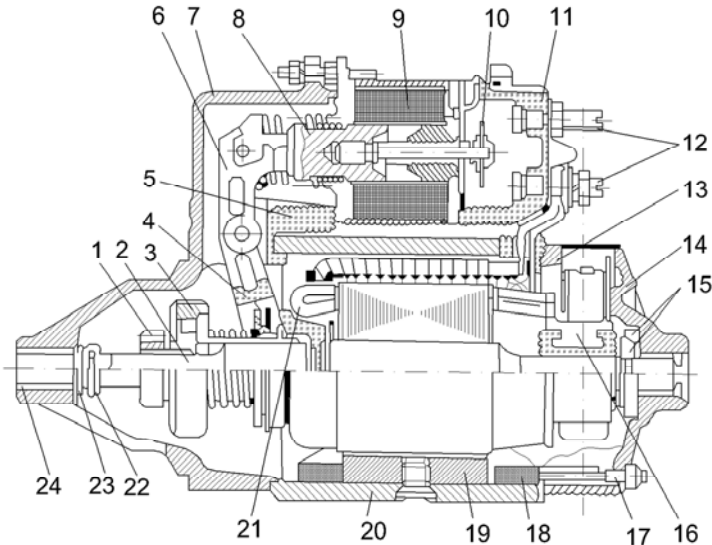


Рис. 1.2. Устройство электростартера СТ 221:

1 – шестерня привода; 2 – вал якоря; 3 – роликовая муфта свободного хода; 4 – поводковая муфта; 5 – уплотнительная заглушка; 6 – рычаг привода; 7 – приводная крышка; 8 – якорь тягового реле; 9 – тяговое реле; 10 – контактная пластина; 11 – крышка тягового реле; 12 – контактные болты; 13 – якорь; 14 – коллекторная крышка; 15 – тормозное устройство; 16 – коллектор; 17 – стяжной болт; 18 – катушка обмотки возбуждения; 19 – полюс; 20 – корпус; 21 – обмотка якоря; 22 – упорное кольцо; 23 – регулировочное кольцо; 24 – втулка подшипника

Корпус 20 электростартера является частью магнитной системы электродвигателя, служит несущей конструкцией для крышек, принимает вращающий момент и передает его элементам крепления стартера на двигателе. Корпуса выполняют из трубы или стальной полосы с последующей сваркой стыка. Чаще применяют сварные корпуса.

К корпусу винтами (один или два на полюс) прикреплены полюсы. Стартеры имеют четыре полюса. Полюсы состоят из магнитопровода и шихтованных полюсных наконечников, изготавливаются из профильной стали. Между полюсами и якорем полюса обеспечивается постоянный воздушный зазор.

На полюсах располагают катушки обмотки возбуждения. В стартерах СТ 221 и СТ 230 смешанного возбуждения имеются по две катушки в последовательной и параллельной обмотках возбуждения.

Для намотки катушек последовательной обмотки возбуждения с малым числом витков используют неизолированный медный провод прямоугольного сечения марки ПММ. Между витками проложен электроизоляционный картон толщиной 0,2–0,4 мм. Для намотки катушек параллельной обмотки возбуждения применяют круглый провод с эмалированной изоляцией.

Внешняя изоляция представляет собой хлопчатобумажную ленту, которую для повышения электрической и механической прочности пропитывают лаком. Процесс изоляции катушек хлопчатобумажной лентой является трудоемким. Внедряются технологические процессы изоляции катушек полимерными материалами, образующими равномерные по толщине, стойкие к воздействию агрессивной среды и повышенной температуры покрытия.

Катушки в стартерах с последовательным возбуждением могут быть соединены последовательно, попарно-параллельно или параллельно. С ростом числа параллельных ветвей в обмотке возбуждения увеличивается число витков и уменьшается площадь сечения провода, что упрощает намотку катушек в стартерах большой мощности. Две катушки параллельной обмотки в стартерах смешанного возбуждения обычно соединяют последовательно. Между собой катушки соединены контактной сваркой или заклёпками с последующей пайкой. Катушки, намотанные алюминиевым проводом, соединяют методом холодной сварки.

Якорь стартера имеет шихтованный сердечник в виде пакета стальных пластин толщиной 1–1,2 мм. Пакет якоря стартера СТ 221 с 31 полузакрытым пазом собран из пластин толщиной 1 мм. При использовании шихтованного сердечника уменьшаются потери на вихревые токи. Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона предохраняют от повреждения изоляцию лобовых частей обмотки якоря.

В электродвигателях электростартеров применяют простые волновые и петлевые обмотки якоря с одно- и двухвитковыми секциями. Большее распространение получили волновые обмотки, обладающие рядом преимуществ по сравнению с петлевыми. Обмотку якоря укладывают в пазы сердечника. В отличие от петлевой у волновой обмотки число параллельных ветвей не зависит от числа пар полюсов и всегда равно двум. В четырехполюсных электродвигателях число активных проводников волновой обмотки при прочих равных условиях должно быть в два раза меньше, чем у петлевой. Это позволяет уменьшить число пазов или количество проводников в пазу и улучшить заполнение паза обмоточным проводом. Число пазов якоря с волновой обмоткой у четырехполюсного электродвигателя должно быть нечетным. У отечественных электростартеров число пазов находится в пределах 21–31. Стартеры с петлевыми обмотками могут иметь большее и четное число пазов. С увеличением числа пазов снижаются колебания магнитного потока и искрение под щетками, но уменьшается ширина зубца у основания, возрастает магнитное сопротивление зубцового слоя и усложняется технология изготовления якоря.

Одновитковые секции выполняют из неизолированного прямоугольного провода марки ПММ. Проводники в пазах укладывают в два слоя и изолируют один от другого и от пакета пластин гильзами S-образной формы из электрокартона или полимерной пленки. Изоляция должна немного выступать за пределы торцов пластин. Обмотку якорей с двухвитковыми секциями в стартерах малой мощности выполняют из круглого изолированного провода.

Форму и размеры паза выбирают из условия максимального его заполнения, они зависят от числа витков в секции обмотки, быстроходности электродвигателя и требований технологии. Применяют открытые, полузакрытые или закрытые пазы прямоугольной или грушевидной формы. В открытых пазах затруднено крепление про-

водов обмотки якоря, поэтому их применяют редко. Прямоугольная форма паза обеспечивает его лучшее заполнение прямоугольным проводом. Зубцы якоря при такой форме паза имеют трапециевидное сечение, вследствие чего магнитная индукция неравномерно распределяется по высоте. Пазы грушевидной формы с постоянным или переменным сечением зуба используют в стартерах малой мощности с двухвитковыми секциями. При грушевидной форме пазов можно увеличить толщину зубцов у их основания, повысить их механическую прочность и уменьшить магнитодвижущую силу зубцовой зоны.

Лобовые части обмотки якоря укрепляют бандажами из нескольких витков стальной проволоки, хлопчатобумажного шнура или стекловолоконного материала, пропитанного синтетическими смолами. Стальную проволоку наматывают на прокладку из электроизоляционного картона и скрепляют металлическими скобами. Бандаж из стекловолокна имеет меньшую стоимость, при его использовании можно не применять такой ненадежный элемент, как крепление скобой. Бандаж лобовых частей может быть изготовлен в виде алюминиевого кольца с изоляционной кольцевой прокладкой из гетинакса или текстолита. Лобовые части секций изолированы одна от другой электроизоляционным картоном или полимерными трубками.

Концы секций обмотки якоря уложены в прорези петушков коллекторных ламелей, отчеканены и пайкой соединены с коллекторными ламелями. Конец одной секции и начало следующей по ходу обмотки присоединены к одной коллекторной ламели. Число ламелей равно количеству пазов и секций обмотки якоря. Ламели могут быть составлены из двух или трех пластин. С уменьшением числа активных проводников сокращается количество коллекторных ламелей. В волновой обмотке вследствие меньшего числа и большей толщины ламелей в петушках коллекторных пластин улучшаются условия крепления концов секций, выполненных из провода большего сечения.

Коллектор, составленный из медных ламелей, является наиболее ответственным узлом электродвигателя. Коллекторы подвергаются значительным электрическим, тепловым и механическим нагрузкам. В электростартерах применяются сборные цилиндрические коллекторы на металлической втулке (стартеры большой мощно-

сти), а также цилиндрические и торцовые коллекторы с пластмассовым корпусом.

Сборный коллектор состоит из отдельных пластин твердотянутой профильной меди и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта толщиной 0,4–0,9 мм. Арочное крепление коллекторных пластин осуществляется металлическими и миканитовыми конусными кольцами по боковым опорным поверхностям при помощи гайки или развальцовкой стальной втулкой. От стальной втулки медные пластины изолированы миканитовой цилиндрической втулкой.

Цилиндрические коллекторы с пластмассовым корпусом также набираются в виде пакета медных пластин и в специальной форме запрессовываются в пластмассу. Использование пластмассы в качестве формирующегося элемента повышает монолитность, прочность коллектора и позволяет автоматизировать процесс его изготовления. Пластмасса плотно охватывает сопрягаемые поверхности независимо от конфигурации и точности изготовления коллекторных пластин. Пластмассовый корпус изолирует коллекторные ламели и воспринимает нагрузки. При небольших размерах коллектор можно изготавливать из цельной заготовки, разрезаемой на отдельные ламели.

Рабочая поверхность торцового коллектора находится в плоскости, перпендикулярной оси вращения якоря. При замене цилиндрических коллекторов торцовыми снижается расход меди, уменьшается длина стартера, повышается уровень механизации и автоматизации производства коллекторов.

В массовом производстве технологичны свертные коллекторы из медной ленты. На ленте формируются ламели, опорные элементы и шлицы для вставных петушков. Лента сворачивается в цилиндр. После установки петушков и опрессовки ламелей пластмассой цилиндрическая часть коллектора протачивается для удаления межламельных перемычек. Пакет якоря и коллектор напрессовываются на вал 2 (см. рис. 1.2), вращающийся в двух или трех опорах с подшипниками из порошкового материала или бронзографитными подшипниками. Вал электростартера работает в сложных условиях. На вал действуют скручивающее усилие от передаваемого им вращающего момента, изгибающий момент от массы якоря, а также моменты, обусловленные неуравновешенностью вращающихся ча-

стей и односторонним магнитным притяжением полюсов при несимметричном воздушном зазоре.

Подшипники скольжения расположены в крышках и промежуточной опоре. Смазочный материал закладывается в подшипники в процессе производства и добавляется при обслуживании стартеров в эксплуатации. Для удерживания смазочного материала на внутренней стороне поверхности подшипника сделаны кольцевые углубления. В стартерах большой мощности бобышки подшипников имеют масленки с резервуарами и смазочными фильцами. Смазочный материал можно периодически заменять. Смазочный материал подшипников обеспечивает необходимый ресурс электростартера.

Промежуточная опора обычно устанавливается в стартерах с диаметром корпуса 115 мм и более. При ее применении прогиб вала и износ подшипников уменьшаются. Промежуточные опоры в виде диска из чугуна, стали или алюминиевого сплава зажимаются между корпусом и передней крышкой или крепятся к передней крышке.

Задние коллекторные крышки 14 (см. рис. 1.2) изготавливаются методом литья из чугуна, стали, алюминия и цинкового сплава или штампуются из стали. Крышки могут иметь дисковую или колоколообразную форму. В крышках колоколообразной формы предусмотрены окна для доступа к щеткам. Непосредственно к коллекторной крышке или к траверсе заклепками и винтами прикреплены щеткодержатели. Щеткодержатели изолированных щеток отделены от крышек прокладками из текстолита или другого изоляционного материала. Щеткодержатели обеспечивают правильное расположение и необходимое усилие прижима щетки к рабочей поверхности коллектора.

Радиальные щеткодержатели выполнены в виде тонкостенной (0,6–0,8 мм) стальной обоймы коробчатого типа, в которую вставлена щетка. Щетки должны свободно перемещаться в обоймах без значительных боковых колебаний. Конструкция щеткодержателей предусматривает легкую замену щеток. Щетки имеют канатик с наконечником и к щеткодержателям присоединяются с помощью винтов или пайкой.

Надежность электрического контакта между щеткой и коллектором в значительной мере определяется усилием, с которым щетка прижимается к коллектору пружиной, и изменением усилия прижима из-за уменьшения высоты щетки вследствие изнашивания. Начальное дав-

ление пружин на щетки находится в пределах 30–130 кПа. Применяют спиральные пружины из ленточной стали или витые цилиндрические пружины.

Щетки торцовых коллекторов размещены в пластмассовой или металлической траверсе и к рабочей поверхности коллектора прижаты витыми цилиндрическими пружинами, что позволяет сохранить постоянство прижимных усилий в течение длительного срока службы. Вследствие отсутствия окон в коллекторных крышках стартеров с торцовыми коллекторами обеспечивается лучшее уплотнение щеточно-коллекторного узла.

Для волновой обмотки с двумя параллельными ветвями достаточно двух щеток. При этом снижается плотность тока в щетке и уменьшается длина коллектора. Допустимая плотность тока в щетке в режиме номинальной мощности составляет 50–120 А/см². В стартерах большой мощности токосъем обеспечивается двумя щетками, установленными по оси коллектора.

Применяют медно-графитные щетки (с добавлением олова и свинца): МГС 20 для 12-вольтовых стартеров и МГС 5, МГС 51 – для 24-вольтовых. Содержание графита в щетках больше у мощных стартеров и у стартеров с тяжелыми условиями коммутации.

Конструкция приводной крышки 7 (см. рис. 1.2) зависит от материала, из которого она изготовлена, типа механизма привода, способ крепления стартера на двигателе и тягового реле на стартере.

Крышки отливаются из алюминиевого сплава или чугуна. Они имеют установочные фланцы с двумя–четырьмя отверстиями под болты крепления стартера на двигателе. Два крепежных отверстия располагаются диаметрально. С увеличением числа крепежных отверстий повышается жесткость крепления. Размеры присоединительных деталей стартера регламентируются стандартами. Стартер закреплен в горизонтальном положении. Отверстие в передней крышке позволяет шестерне входить в зацепление с зубчатым венцом маховика. Фланцевое крепление обеспечивает сохранение межосевого расстояния в зубчатом зацеплении при снятии и повторной установке стартера. Правильная установка обычно обеспечивается центрирующим буртиком, который должен плотно входить в посадочное отверстие картера маховика.

Электрохимические характеристики стартеров. Характеристики систем электростартерного пуска

Электрохимические характеристики стартеров, в отличие от стационарных электродвигателей, рассчитываются во всем диапазоне их работ – от холостого хода до полного торможения.

Электромагнитный момент стартера, создаваемый силами взаимодействия магнитного поля и тока в проводнике обмотки якоря, определяется по формуле

$$M_{\text{я}} = CI\Phi,$$

где I – сила тока якоря;

Φ – магнитный поток;

C – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности стартера:

$$C = \frac{pn}{2a},$$

где p – число пар полюсов;

n – число проводов обмотки якоря;

a – число пар параллельных ветвей обмотки якоря.

Следует отметить, что характер изменения $M_{\text{я}}$ определяется током, протекающим по обмоткам стартера, и не зависит от приложенного напряжения.

Механический момент определяется

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{я}} - \Delta M_{\text{ст}},$$

где $\Delta M_{\text{ст}}$ – механические и магнитные потери стартера.

Частота вращения стартера $n_{\text{ст}}$ зависит от нагрузки, прямо пропорциональной величине противоЭДС стартера и обратно пропорциональной величине магнитного потока.

В режиме холостого хода противоЭДС максимальна, а магнитный поток минимален, следовательно, частота вращения макси-

мальна и достигает 8–12 тыс. мин⁻¹. С увеличением нагрузки возрастает магнитный поток и уменьшается противоЭДС, так как с ростом тока увеличивается падение напряжения в стартере и уменьшается напряжение аккумуляторной батареи. При равенстве напряжений частота вращения равна нулю, а момент наибольший, так как ток максимален.

Мощность стартера, возникающая в результате наличия момента и частоты вращения, определяется по формуле

$$P_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{ст}} n_{\text{ст}}}{9550}, \text{ кВт.}$$

Коэффициент полезного действия стартера

$$\eta = \frac{P_{\text{ст}}}{P_9} \cdot 100 \% = \frac{M_{\text{ст}} n_{\text{ст}}}{9,55 U_{\text{ст}} I}.$$

Мощность стартера, необходимую для пуска двигателя, определяют по формуле

$$P_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{ст}} n_{\text{ст}}}{9550} V_{\text{л}},$$

где $V_{\text{л}}$ – рабочий объем цилиндров двигателя, л.

Момент сопротивления $M_{\text{с}}$ увеличивается с повышением частоты вращения и увеличением вязкости масла (понижением температуры), а также с увеличением степени сжатия. Момент сопротивления зависит от числа цилиндров. Моменты сопротивления, отнесенные к единице рабочего объема, у шестицилиндровых и восьмицилиндровых двигателей меньше, чем у четырехцилиндровых. Это объясняется уменьшением неравномерности вращения коленчатого вала двигателя стартером с увеличением числа цилиндров двигателя.

Момент сопротивления двигателя прокручиванию можно представить как сумму моментов от сил трения в кинематических парах двигателя и момента компрессии. Момент трения и момент компрессии зависят от угла поворота коленчатого вала, причем момент компрессии на такте расширения в цилиндрах меняет знак.

Свойства электродвигателей оцениваются по рабочим характеристикам, которые представляют собой совокупность зависимостей силы тока I якоря, полезной мощности P , частоты вращения n и КПД от полезного вращающего момента M . В некоторых случаях величины, характеризующие работу электродвигателя, представляются в зависимости от силы тока якоря. Это удобно для характеристик стартерных электродвигателей, так как дает возможность совмещать на одном графике эти характеристики аккумуляторной батареи. Учитывая падение напряжения в аккумуляторной батарее и стартерной сети, в совокупности рабочих характеристик стартера включают зависимость напряжения $U_{ст}$ на выводах стартера от силы тока якоря.

Характеристики электродвигателя зависят от способа возбуждения. В стартерах применяют электродвигатели постоянного тока последовательного, смешанного и постоянного возбуждения. При одинаковых номинальных значениях мощности и момента электродвигатели последовательного возбуждения развивают большие пусковые моменты. Это облегчает трогание системы «стартер–двигатель» с места и дает возможность быстрее увеличить частоту вращения коленчатого вала при пуске двигателя в условиях низких температур. Благодаря мягкой механической характеристике (зависимость вращающего момента от частоты вращения якоря) электродвигатели последовательного возбуждения устойчиво работают при переменной нагрузке.

Частота вращения якоря обратно пропорциональна магнитному потоку. У электродвигателей последовательного возбуждения по обмоткам возбуждения протекает ток якоря, поэтому магнитный поток зависит от нагрузки на валу электродвигателя. С уменьшением этой нагрузки сила тока и магнитный поток якоря уменьшаются, частота вращения возрастает и в режиме холостого хода достигает значений, при которых возможно разрушение обмотки якоря и коллектора под действием центробежных сил.

Стартерные электродвигатели после пуска двигателя внутреннего сгорания некоторое время могут работать в режиме холостого хода, поэтому должны быть рассчитаны на соответствующие нагрузки. От частоты вращения якоря в режиме холостого хода зависят надежность работы механизма привода, износ трущихся деталей и срок службы электростартера.

В электродвигателях смешанного возбуждения магнитный поток создается совместным действием последовательной и параллельной обмоток возбуждения. При увеличении силы тока якоря магнитный поток и пропорциональный ему вращающий момент возрастают в меньшей степени, чем в электродвигателях последовательного возбуждения.

Смешанное возбуждение позволяет снизить частоту вращения якоря в режиме холостого хода. С уменьшением нагрузки и магнитодвижущей силы последовательной обмотки магнитный поток, создаваемый параллельной обмоткой возбуждения, вследствие меньшего падения напряжения в аккумуляторной цепи питания стартера даже несколько увеличивается.

Магнитодвижущая сила параллельных обмоток у стартеров смешанного возбуждения составляет 20–40 % суммарной магнитодвижущей силы обеих обмоток в режиме номинальной мощности P_n .

Постоянное возбуждение отличается отсутствием обмоток возбуждения, а полюсными наконечниками являются постоянные магниты.

Подводимая к стартеру мощность за вычетом электрических потерь преобразуется в электромагнитную. Полезная мощность на валу электродвигателя меньше электромагнитной на величину механических потерь на трение в подшипниках, в щеточно-коллекторном узле и магнитных потерь на перемагничивание в вихревые токи в пакете пластин якоря. Магнитные потери зависят от частоты перемагничивания, толщины пластин, массы пакета якоря и технологических факторов. Изменение режима работы влияет как на подводимую к стартеру мощность, так и на потери мощности. В режиме номинальной мощности КПД автотракторных электростартеров составляет 0,4–0,6. С увеличением номинальной мощности стартера уменьшается относительная доля потерь в электродвигателе и возрастает КПД.

Надежная и экономичная работа системы электростартерного пуска (СЭП) возможна только при правильном выборе мощности электродвигателя. При излишнем увеличении мощности неоправданно растут размеры, масса и стоимость СЭП. Увеличение продолжительности пуска при недостаточной мощности приводит к быстрому разряду аккумуляторной батареи, перегреву обмоток и преждевременному выходу электродвигателя из строя.

С увеличением степени разряженности, понижением емкости батареи и температуры электролита и потерь в цепи напряжение на выводах батареи и стартера снижается, в результате частота вращения якоря и мощность электродвигателя уменьшаются.

Неоправданное увеличение длины стартерных проводов значительно ухудшает технико-экономические показатели СЭП. На мощности стартера существенно отражается повышение сопротивлений в разъемных соединениях стартерной цепи. Для уменьшения потерь мощности в цепи питания стартеры мощностью 3–3,5 кВт рассчитывают на номинальное напряжение 24 В.

Согласно ГОСТ 9944–77 в качестве номинальной мощности принимается мощность стартера в кратковременном режиме работы при питании от аккумуляторной батареи максимально допустимой емкости, указанной в ТУ на стартер, при степени заряженности батареи 100 %, температуре электролита 25 °С, первой попытке пуска, без учета падения напряжения в стартерной цепи. Рабочие характеристики стартера приведены на рис. 1.3.

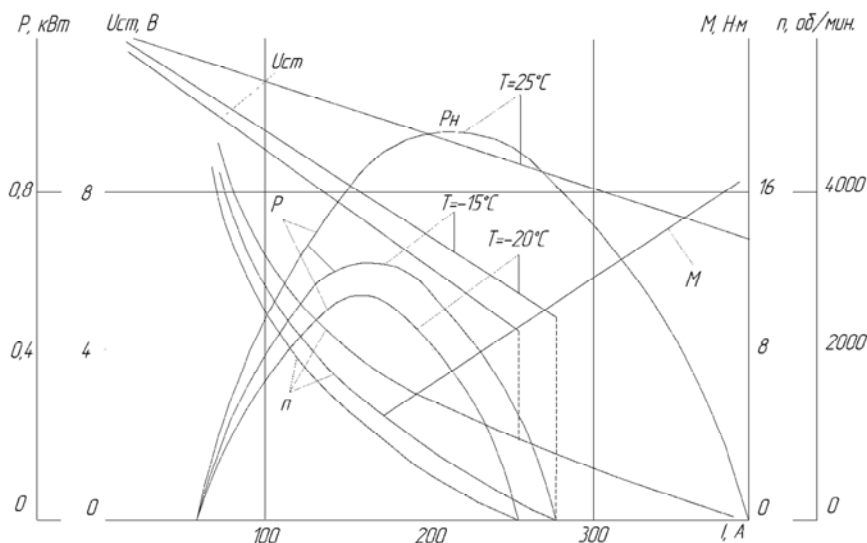


Рис. 1.3. Рабочие характеристики стартера СТ 230Б с аккумуляторной батареей 6СТ-60 при различных температурах

Напряжение на выводах электродвигателя при определении номинальной мощности стартера рассчитывают по формуле

$$U_{\text{ст}} = U_{\text{н}} \left(1 - \frac{\alpha I}{C_{20}} \right), \text{ В},$$

где $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение, В;

α – коэффициент; для батарей емкостью до 100 А-ч $\alpha = 0,05$;

для батарей емкостью свыше 100 А-ч $\alpha = 0,046$;

I – сила тока, потребляемая стартером, А;

C_{20} – номинальная емкость аккумуляторной батареи, А-ч.

Проверка технического состояния стартеров

Указание мер безопасности при испытании стартеров на стенде Э-211

К работе на стенде допускаются лица, имеющие III квалификационную группу по технике безопасности, изучившие паспорт, прошедшие инструктаж и ознакомление с особенностями работы стенда.

Стенд всегда должен иметь исправное заземление, т. е. быть надежно подключен к общему заземляющему контуру. Не допускается работать на стенде при открытых стенках. При испытании стартеров в режиме полного торможения приспособление для его проверки должно быть надежно закреплено на стартере.

Подготовка к испытаниям стартеров на стенде

Стенд модели Э-211 предназначен для проверки генераторов, регуляторов напряжения и стартеров мощностью до 2 л. с. (1,472 кВт) и применяется в автотранспортных предприятиях и станциях технического обслуживания.

Конструкция стенда показана на рис. 1.4. Стенд состоит из двух основных частей: основания и панели приборов. Основание выполнено сварным из гнутых профилей и закрывается легкоъемными

стенками. Сверху на основании расположен промежуточный привод для генераторов и стартеров.

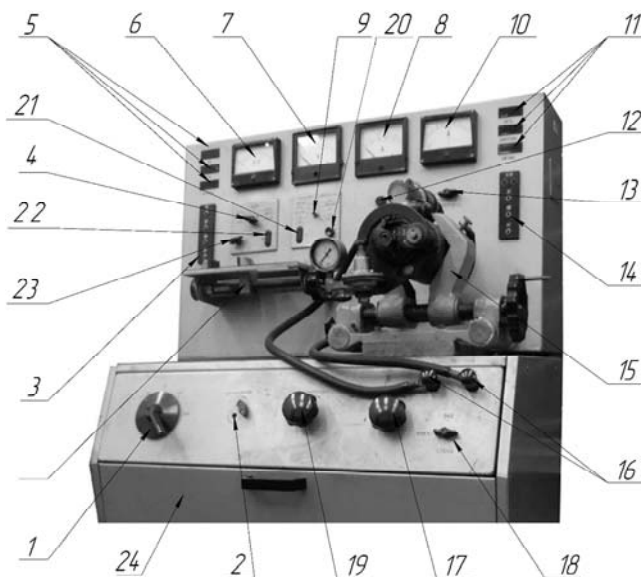


Рис. 1.4. Стенд Э-211 для проверки стартеров, генераторов и регуляторов напряжения: 1 – рукоятка переключения батарей; 2 – рукоятка регулировочного реостата; 3 – панель зажимов для подключения проверяемых реле-регуляторов; 4 – рукоятка переключения омметра-тахометра; 5 – сигнальные лампы, 12 В (верхняя), 24 В (средняя) и «Заряд» (нижняя); 6 – указатель омметра-тахометра; 7 – вольтметр; 8 – рукоятка переключения рода проверок; 9, 10 – амперметры; 11 – сигнальные лампы «Сеть» (верхняя, «Контроль» (средняя) и «Сигнал» (нижняя); 12 – розетка для подключения проверяемых прерывателей тока указателей поворота; 13 – рукоятка выключателя электродвигателя; 14 – панель зажимов для подключения проверяемых генераторов и стартеров; 15 – зажимы для крепления проверяемых генераторов и стартеров; 16 – зажимы для подключения проводов от проверяемых стартеров; 17 – рукоятка управления частотой вращения и изменения направления вращения электродвигателя; 18 – рукоятка выключения сети; 19 – рукоятка реостата нагрузки; 20 – кнопка «Пуск» включения стартера; 21 – розетка « $\sim V$ » для подключения проводов от вольтметра; 22 – розетка « R_x » для подключения проверяемого сопротивления; 23 – рукоятка «Уст. 0» омметра; 24 – отсек аккумуляторной батареи

Проверяемые стартеры закрепляются в зажиме 15 стенда и подключаются проводами, предварительно замкнутые свободные зажимы тягового реле стартера – зажимом «+СТ», другим проводом

корпус стартера соединяется с зажимом «-СТ» стенда в соответствии с рис. 1.5.

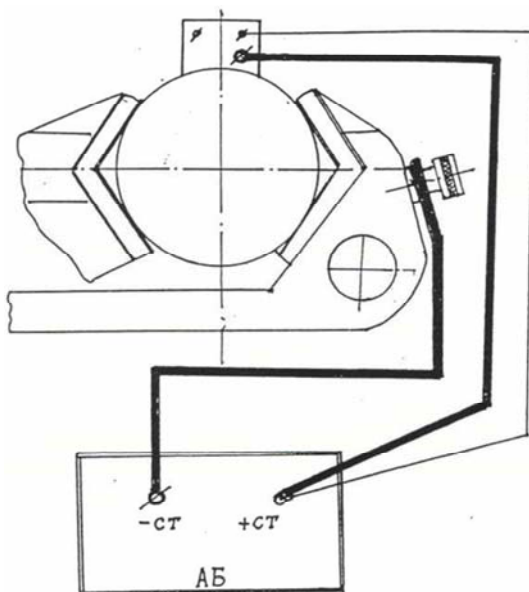


Рис. 1.5. Схема подключения стартера к стенду Э-211 при испытании стартера в режиме холостого хода и в режиме торможения

Рукоятку 1 переключателя батарей (см. рис. 1.4) устанавливают в положение «12». Рукоятку 8 переключателя рода проверок следует установить в положение «Стартер». Включение и выключение цепи осуществляется кнопкой 20 «Пуск». На панели управления стенда смонтированы рукоятки для управления работой стенда. Стенд позволяет испытывать стартеры в двух режимах: холостого хода и полного торможения. Причем электрическая схема подключения стартеров к стенду на обоих режимах остается неизменной. Аккумуляторные батареи стенда могут подзаряжаться от выпрямительного устройства на самом стенде.

Проверка стартера в режиме холостого хода

1. Рукояткой 18 включить стенд.
2. Изучить шкалы амперметра, вольтметра и тахометра.

3. Нажать на кнопку 20 «Пуск» и через 5–10 с работы стартера снять показания амперметра 12, отпустить кнопку 20.

4. Присоединить тахометр со стороны привода.

5. Нажать на кнопку 20 «Пуск» и через 5–10 с работы стартера снять показания тахометра, отпустить кнопку 20.

6. Показания тахометра, вольтметра и амперметра занести в журнал наблюдений, табл. 1.1.

Таблица 1.1

Журнал испытаний стартера на стенде Э-211

Параметры	Режим испытания					
	Холостой ход			Торможение		
	U , В	I , А	n , мин ⁻¹	U , В	I , А	M_T , кг·м
По ТУ (СТ 230 А)	12	85	4000	7	530	2
По результатам испытания						

7. Результаты сравнить с техническими условиями.

8. Сделать заключение о работе стартера на режиме холостого хода.

Стартер считается исправным, если сила тока не превышает, а частота вращения будет не меньше величин, указанных в технических условиях на испытание конкретной модели стартера. Увеличение силы тока и уменьшение частоты вращения якоря по сравнению с номинальными величинами вызывается следующими дефектами:

ослаблением крепления крышек стартера, что вызывает перекос вала якоря;

замыканием пластин коллектора угольной пылью, возникшей при износе щеток и коллектора;

изгибом вала якоря или замыканием витков в обмотке якоря.

Проверка стартера в режиме полного торможения

Подключение стартера к стенду проводят аналогично проверке стартера в режиме холостого хода.

1. На стартере установить специальное приспособление с динамометром для торможения якоря стартера (рис. 1.6).

2. Замочной шайбой 1 на приспособлении закрепить тормозной зубчатый сектор 2, зацепляющийся с приводной шестерней 6 стар-

тера. В комплекте принадлежностей стенда имеется несколько зубчатых секторов для подбора комплекта зацепления.

3. Изучить шкалу динамометра.

4. Нажать на кнопку 20 «Пуск» (см. рис. 1.4) и через 3–4 с работы стартера снять показания амперметра 12, вольтметра и динамометра, отпустить кнопку 20.

Держать стартер включенным более 4 секунд не допускается.

5. Показания амперметра, вольтметра и динамометра занести в журнал наблюдений, см. табл. 1.1.

6. Результаты сравнить с техническими условиями.

7. Сделать заключение о работе стартера в режиме полного торможения.

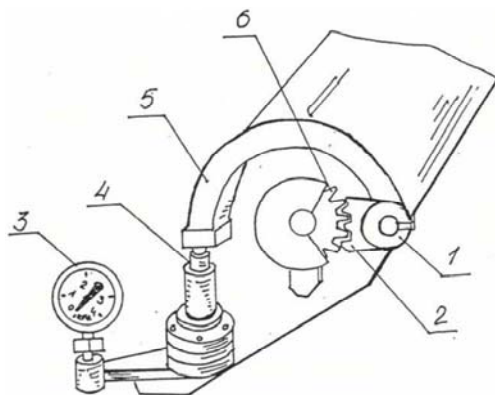


Рис. 1.6. Приспособление с динамометром для определения тормозного момента:

1 – замочная шайба; 2 – зубчатый сектор; 3 – динамометр; 4 – штук динамометра;

5 – рычаг; 6 – приводная шестерня стартера

При проверке стартеров в режиме полного торможения необходимо, чтобы аккумуляторные батареи стенда были нормально заряжены, в противном случае можно получить заниженные показания приборов не вследствие неисправности стартера, а из-за плохого состояния батареи (не допускается падение напряжения ниже 7 В). Большая сила потребляемого тока и малый вращающий момент могут возникнуть при замыкании обмотки возбуждения или обмотки якоря на корпус, витковом замыкании в катушках обмотки возбуждения, замыкании пластин коллектора или замыкании на корпус изолированных щеткодержателей.

Малый вращающий момент и небольшая сила тока происходят при следующих дефектах: зависании или износе щеток, окислении или замасливании коллектора, ослаблении пружин в щеткодержателях и окислении контактных поверхностей контактного диска и торцов зажимов тягового реле.

Проверку муфты свободного хода на пробуксовку проводят при полном торможении шестерни стартера. Если при заторможенной шестерне якорь вращается, то муфта свободного хода пробуксовывает.

Стартер, не удовлетворяющий техническим условиям, разбирается для проведения поэлементного диагностирования.

Основные операции поэлементной диагностики технического состояния и регулировки стартеров

Оценка механических параметров стартера

Состояние выводных зажимов стартеров, тягового реле, рабочей поверхности контактного диска и торцов болтов зажимов тягового реле определяется внешним осмотром, рабочая поверхность зачищается абразивными материалами, а затем шлифуется.

Замасленный коллектор, щетки и щеткодержатели протираются. Изношенный коллектор, в случае износа менее 40 % высоты ламели, протачивается, а потом шлифуется. После проточки необходимо срезать пазы между ламелями не менее 0,5 мм для качественного контакта щеток по всей поверхности коллектора.

Проверяется подвижность щеток в щеткодержателях, для чего пружина приподнимается крючком и движением за канатик в щетке последняя перемещается в щеткодержателях. Щетки в щеткодержателях должны перемещаться легко, без заеданий.

Измеряется высота щеток. В случае износа сверх допустимого значения щетки необходимо заменить. Динамометром измеряется давление пружины на щетки. Для стартера СТ 230 высота щеток должна быть не менее 6 мм, а давление на щетки – в пределах 8,5–14 Н.

Осовой люфт якоря проверяется перемещением якоря вдоль оси. Осовой люфт от 0,1 до 0,7 мм регулируется установкой шайб со стороны привода между крышкой и упорным кольцом. Рукой шестерня вместе с муфтой перемещается по шлицам вала вперед к переднему подшипнику. Она должна свободно, без заеданий, перемещаться по

шлицам вала и возвращаться в исходное положение под действием возвратной пружины.

Заедание подвижных деталей на валу якоря происходит вследствие загрязнения шлицев и образования налета на поверхности вала от износа бронзовых подшипников втулки шестерни.

Проверка обмоток электродвигателя стартера

Подготовку омметра стэнда (см. рис. 1.4) для проверки сопротивления обмоток стартера произвести в следующей последовательности:

- рукояткой 18 включить стэнд;
- изучить шкалу омметра 6;
- присоединить щупы к разъемам 22;
- переключатель 4 перевести в положение «Ом»;
- замкнуть щупы между собой и с помощью ручки 23 «Уст. 0» установить стрелку на крайнее деление шкалы;

Проверка сопротивления обмоток якоря производится последовательным подключением щупов омметра к ламелям коллектора по периметру (рис. 1.7): между первой и второй, между второй и третьей и т. д. В случае увеличенного сопротивления следует проверить подключение обмоток к коллектору, внимательно осмотреть петушки ламелей. Затем в соответствии со схемой разводки обмоток якоря измерением сопротивления выявить точное место увеличения сопротивления. Если выявлено увеличение сопротивления в петушках ламелей, то необходимо их пропаять или раскернить (отчеканить).

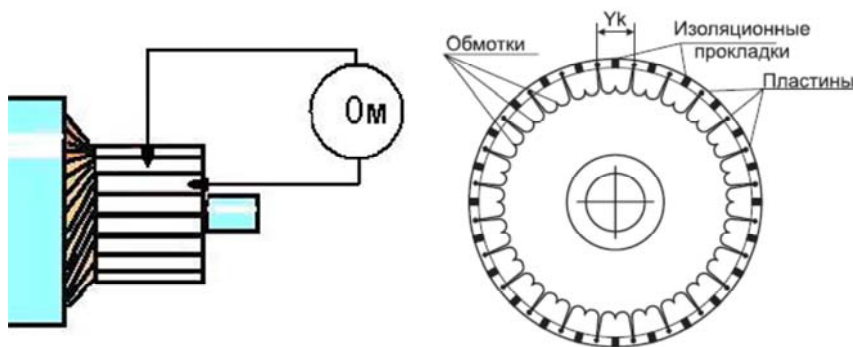


Рис. 1.7. Проверка сопротивления обмоток якоря

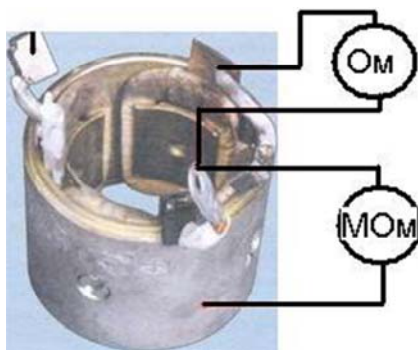


Рис. 1.8. Проверка сопротивления обмоток и пробоя на корпус

При проверке сопротивления обмоток возбуждения щупы омметра следует подключить к последовательным и параллельным обмоткам статора (рис. 1.8). При проверке якоря и статора сопротивление должно иметь небольшие значения. Для последовательной обмотки якоря сопротивление составляет не более 0,5 Ом, для параллельной обмотки – не более 3 Ом. Замыкание обмотки возбуждения на корпус определяют

контрольной лампой напряжением 220–500 В или мегомметром. Один щуп соединяют с корпусом, а другой присоединяют к выводу обмотки. Лампа будет гореть, когда обмотка замкнута на корпус. При проверке мегомметром сопротивление должно быть не менее 2 МОм. Катушки обмотки с поврежденной изоляцией заменяют.

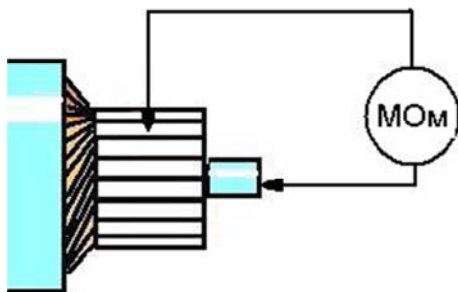


Рис. 1.9. Проверка сопротивления между ламелями и корпусом

Замыкание обмотки якоря на корпус определяют, когда один щуп присоединяют к любой пластине (ламели) коллектора, а другой щуп – к сердечнику или валу якоря. Если лампа горит, то обмотка замкнута на корпус. При проверке мегомметром сопротивление не должно быть менее 2 МОм (рис. 1.9). Якорь с дефектной обмоткой заменяют.

Проверку обмотки якоря на межвитковое замыкание или замыкание пластин коллектора можно произвести с помощью портативного дефектоскопа ПДО-1 или прибора проверки якорей ППЯ-5 (рис. 1.10).

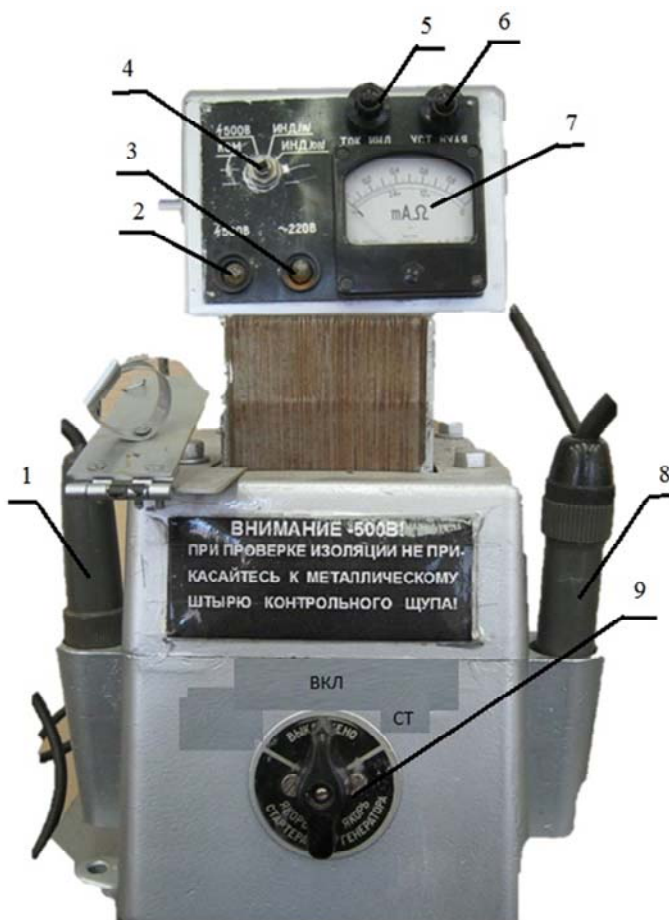


Рис. 1.10. Прибор проверки якорей ППЯ-5:

1 – щуп двухконтактный миллиамперметра; 2 – индикатор утечки – лампа «500 В»; 3 – индикатор включения «220 В»; 4 – переключатель вида проверки; 5 – ручка регулятора чувствительности миллиамперметра «ТОК ИИД.»; 6 – ручка регулятора калибровки «УСТ. 0»; 7 – индикатор – миллиамперметр; 8 – щуп высоковольтный; 9 – выключатель

Кроме этого данные приборы позволяют производить проверку обмоток возбуждения статоров. Прибор проверки якорей представляет собой трансформатор переменного тока с магнитным зазором в сердечнике (рис. 1.11). В зазор сердечника укладывается проверя-

емый якорь, и его обмотка становится вторичной обмоткой трансформатора. В случае наличия короткозамкнутых витков в проверяемом якоре, поскольку витки распределены по группам, возникает местное магнитное перенасыщение железа, что легко обнаруживается по дребезжанию стальной пластинки, положенной на железо якоря над витком (например, ножовочное полотно).

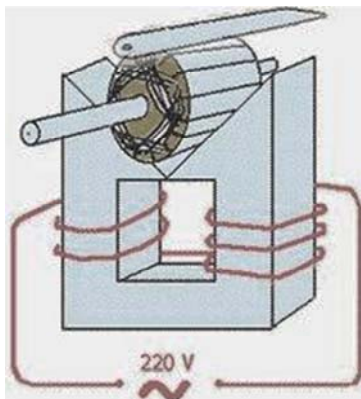


Рис. 1.11. Общий принцип проверки якоря

Якорь проворачивают в магнитном зазоре, так что пластинка оказывается над разными катушками. Там где есть межвитковое замыкание, пластинка начинает ощутимо вибрировать. Замкнутый виток начинает греться (но нагрев происходит слишком медленно, чтобы его можно было обнаружить) (рис. 1.12).

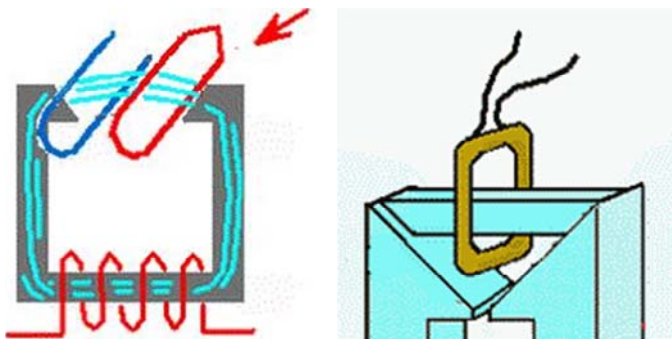


Рис. 1.12. Проверка наличия замкнутого витка по нагреву

Также при помощи миллиамперметра можно проверить обмотку на обрыв (плохая пайка в петушках и т. д.) по ЭДС индукции (рис. 1.13). Миллиамперметр включен параллельно катушке, но с учетом малых ЭДС и внутреннего активного сопротивления катушки такое соединение допустимо. Для этого миллиамперметр нужно подключать к соседним ламелям якоря, проворачивая якорь в пазу ППЯ на одну ламель. У исправного якоря ток со всех соседних ламелей будет одинаковым. Резкое повышение тока (или падение, если разрывов несколько) указывает на обрыв между этими ламелями. При проверке необходимо сохранять постоянный угол контактов миллиамперметра относительно полюсов прибора, иначе показания на разных парах ламелей будут разные и на исправном якоре.



Рис. 1.13. Проверка ЭДС индукции якоря с помощью миллиамперметра

Прибор ППЯ-5 позволяет производить следующие проверки.

Проверка сопротивления между обмотками и корпусом статора и якоря (состояние изоляции) производится следующим образом:

- прибор включить в сеть «220 В»;
- установить якорь или статор в магнитный зазор прибора;
- переключатель вида проверки 4 (см. рис. 1.10) перевести в положение «КОМ»;
- выключатель прибора 9 перевести в положение «СТ» (при этом узел примагнитится к прибору);
- щуп высоковольтный 8 подключить к корпусу;

– установить стрелку прибора на «0» ручкой регулятора калибровки «Уст. 0»;

– щуп высоковольтный 8 подключить к обмоткам и определить сопротивление;

– полученные результаты занести в отчет о лабораторной работе и сделать заключение о состоянии изоляции.

Проверку утечки тока статора и якоря (состояние изоляции) высоким напряжением 500 В произвести следующим образом:

– прибор включить в сеть «220 В»;

– установить якорь или статор в магнитный зазор прибора;

– переключатель вида проверки 4 (см. рис. 1.10) перевести в положение «500 В»;

– выключатель прибора 9 перевести в положение «СТ» (при этом узел примагнитится к прибору);

– щуп высоковольтный 8 подключить к корпусу;

– индикатор утечки – лампа «500 В» 2 должен светиться;

– щуп высоковольтный 8 подключить к обмоткам и определить состояние изоляции по свечению индикатора – лампы «500 В» 2 и изменению внешнего состояния и температуры якоря или статора;

– полученные результаты занести в отчет о лабораторной работе и сделать заключение о состоянии изоляции.

Проверку наличия замкнутых витков обмоток якоря по величине ЭДС производят следующим образом:

– прибор включают в сеть «220 В»;

– якорь или статор устанавливают в магнитный зазор прибора;

– переключатель вида проверки 4 (см. рис. 1.10) переводят в положение «ИНД.Я»;

– выключатель прибора 9 переводят в положение «СТ» (при этом узел примагнитится к прибору);

– щуп двухконтактный миллиамперметра 1 устанавливают в держатель прибора и подключают к ламелям коллектора;

– стрелка индикатора миллиамперметра должна отклониться от нулевого значения (в противном случае проверить качество соединения с ламелями);

– стрелку миллиамперметра устанавливают в среднее положение с помощью ручки регулировки чувствительности миллиамперметра «ТОК ИНД.»;

– показания миллиамперметра записывают в отчет;

- якорь поворачивают на одну ламель по периметру против или по часовой стрелке и снимают и записывают в отчет показания с миллиамперметра;
- поочередно поворачивают миллиамперметр и снимают показания всему периметру до первоначального положения;
- полученные результаты заносят в отчет о лабораторной работе и делают заключение о состоянии обмоток.

Проверка тягового реле стартера

Обрыв обмоток определяется подключением контрольной лампы последовательно проверяемой обмотки при включении ее в цепи к аккумуляторной батарее или омметру. При проверке на обрыв удерживающей обмотки один щуп подключается на корпус реле, а другой – к зажиму обмоток реле. Для проверки втягивающей обмотки щупы подключаются к силовому зажиму тягового реле и зажиму обмоток реле.

Межвитковое замыкание в обмотках определяется измерением сопротивления обмоток омметром. Если сопротивление обмотки меньше величин, рекомендованных по техническим условиям, в обмотке имеется замыкание части витков. Неисправное реле заменяется или подвергается ремонту.

Регулировка приводов стартеров

В стартерах СТ 117, СТ 113-Б, СТ 130 винтом, расположенным в крышке, шестерня устанавливается в исходное положение. При этом расстояние между торцом шестерни и плоскостью фланца крышки должно быть 30–35 мм. В исходное положение шестерня устанавливается под действием пружины.

Для определения момента замыкания цепи нужно включить две контрольные лампы между стартером и батареей. Лампа, подключенная к зажиму, соединяющему втягивающую обмотку тягового реле с аккумуляторной батареей, должна включаться немного раньше или одновременно с другой лампой.

Сняв крышку, закрывающую якорек тягового реле, нажатием на якорек его перемещают до момента замыкания контактным диском зажимов тягового реле, при этом положении контрольные лампы

будут гореть, а расстояние между торцом шестерни и торцом упорного кольца должно быть 3–5 мм. При необходимости расстояние регулируется ввертыванием или вывертыванием винта после снятия пальца, соединяющего винт с рычагом.

В стартере СТ 230 исходное положение шестерни регулируется поворотом эксцентриковой оси рычага привода. Расстояние должно быть 34 мм. Затем проверяется расстояние между торцом шестерни и упорным кольцом при выключенном тяговом реле, для чего к зажиму и корпусу тягового реле подключается аккумуляторная батарея напряжением 12 В. Во включенном положении данный зазор должен быть в пределах 3–5 мм.

Регулировка реле включения

Зазор между якорьком и сердечником реле (0,5–0,6 мм) регулируется подгибанием ограничителя подъема якорька.

Зазор между контактами (0,4–0,5 мм) регулируется изменением высоты стойки. При выпрямлении изгиба стойки зазор уменьшается, а при большом изгибе – увеличивается.

Момент замыкания контактов реле регулируется изменением натяжения пружины путем подгибания кронштейна.

Техническое обслуживание СЭП

Неисправности систем СЭП и способы их устранения в эксплуатационных условиях приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Неисправности СЭП и способы их устранения

Причины неисправности	Способы устранения
Тяговое реле не включается	
Неисправна или сильно разряжена аккумуляторная батарея	Разряженную батарею зарядить, неисправную заменить
Окислены полюсные выводы аккумуляторной батареи и наконечники стартерных проводов	Окисленные полюсные выводы батареи и наконечники проводов зачистить, плотно затянуть и смазать техническим вазелином

Продолжение табл. 1.2

Причины неисправности	Способы устранения
Нарушен контакт в разъемных соединениях, обрыв проводов в цепях питания и управления стартером	Проверить и при необходимости затянуть ослабленные разъемы в цепях питания и управления электростартером. Поврежденные провода заменить
Неисправны реле включения, выключатель зажигания (выключатель приборов и стартера), выключатель массы	Неисправные реле включения, выключатель зажигания (выключатель приборов стартера), выключатель массы отремонтировать или заменить
Электродвигатель стартера не включается или медленно вращается его якорь	
Неисправна контактная система тягового реле	Проверить работу контактной системы путем замыкания накоротко контактных болтов проводником или шиной большого сечения. Если якорь электродвигателя вращается, следует снять крышку реле и осмотреть силовые контакты. Подгоревшие или окисленные контактные поверхности болтов и подвижного диска зачистить. Для восстановления работоспособности болты можно повернуть на 180°
Нарушен контакт в разъемных соединениях внутри стартера	Зачистить контакты соединений стартера
Окислен или загрязнен коллектор электродвигателя	Коллектор зачистить или проточить, замасленный коллектор протереть тряпкой, смоченной в бензине
Большой износ или зависание щеток в щеткодержателе, замыкание на массу изолированного щеткодержателя, ослабление пружин щеткодержателей	Изношенные щетки и слабые пружины заменить. Зависание щеток устранить очисткой щеток и щеткодержателей
Обрыв, межвитковое замыкание или замыкание на массу обмоток возбуждения и якоря	Устранение замыканий или замена замкнутых частей стартера
Стартер периодически включается и выключается (неисправность проявляется в часто повторяющемся стуке шестерни приводного механизма по венцу маховика)	
Сильно разряжена аккумуляторная батарея	Проверить техсостояние аккумуляторной батареи, при необходимости подзарядить или заменить

Продолжение табл. 1.2

Причины неисправности	Способы устранения
Большое падение напряжения в цепи питания «аккумуляторная батарея–стартер»	Проверить состояние полюсных наконечников аккумуляторной батареи и наконечников проводов. При необходимости их зачистить, затянуть и смазать техническим вазелином
Обрыв удерживающей обмотки тягового реле	Заменить тяговое реле
Неправильная регулировка реле включения	Отрегулировать или заменить реле включения
Электродвигатель стартера работает, но коленчатый вал двигателя не вращается	
Пробуксовывание МСХ, заедание МСХ на шлицах вала, поломка рычага приводного механизма, поводковой муфты или буферной пружины	Проверить работу приводного механизма на снятом с двигателя стартере. Пробуксовывание МСХ определить вращением шестерни приводного механизма. В одном направлении она должна вращаться свободно, в другом – только вместе с якорем. В случае пробуксовывания МСХ стартер разобрать и МСХ заменить. Сломанный рычаг приводного механизма, поводковую муфту или буферную пружину заменить. Заедание на шлицах вала якоря устранить. В случае погнутости вала якоря заменить
При включенном стартере шестерня приводного механизма не входит в зацепление с венцом маховика	
Забоины на зубьях шестерни МСХ или на зубьях венца маховика	Абразивным инструментом или напильником устранить забоины на шестерне МСХ и на венце маховика. При необходимости заменить МСХ или венец маховика
Повышенный шум (с ударами, скрежетом) при работе стартера	
Повреждение приводной крышки, ослабление крепления стартера на двигателе, повреждение зубьев шестерни МСХ или венца маховика, повышенный износ подшипников, погнутость вала якоря, потеря упругости буферной пружины	Подтянуть ослабленное крепление стартера. В остальных случаях стартер снять с двигателя, поврежденные детали и узлы заменить, забоины устранить

Причины неисправности	Способы устранения
Нарушение регулировки приводного механизма	Приводной механизм отрегулировать в соответствии с инструкцией по эксплуатации автомобиля
Стартер не выключается после пуска двигателя (при возникновении такой неисправности необходимо срочно отключить питание стартера и выключить двигатель)	
Заедание ключа в выключателе зажигания (выключателе приборов и стартера) в положении, соответствующем включению стартера	Выключатель зажигания (выключатель приборов и стартера) выключить принудительным поворотом ключа. Неисправный выключатель зажигания отремонтировать или заменить
Сваривание контактов реле включения и тягового реле	Зачистить подгоревшие поверхности контактов абразивными материалами или отшлифовать

При отказе в работе СЭП рекомендуется последовательно проверить состояние аккумуляторной батареи, надежность контакта в разъемных соединениях, исправность стартерного электродвигателя, тягового реле, реле включения и выключения зажигания. Исправный электродвигатель должен вращаться при замыкании контактных болтов на тяговом реле проводом большого сечения.

Исправное тяговое реле сбрасывает и включает стартерный электродвигатель, если общий вывод его обмоток присоединен к положительному выводу аккумуляторной батареи, минуя контакты реле включения. Замыкание контактов реле включения, срабатывание тягового реле и вращение электродвигателя при подключении обмотки реле включения к источнику тока в обход выключателя зажигания указывает на неисправность выключателя зажигания или обрыв электрической цепи между выключателем зажигания и батареей.

Многих неисправностей стартеров и систем пуска можно избежать при соблюдении определенных правил эксплуатации. Стартер рекомендуется включать не более чем на 10–15 секунд с перерывами между попытками пуска 30–60 секунд.

Длительная непрерывная работа ведет к перегреву обмоток или нарушению электрических контактов. Если двигатель не запускается за три попытки пуска, необходимо проверить состояние и устранить неисправности в системах питания и зажигания. Стартер сле-

дует выключать сразу после пуска двигателя. Длительное вращение шестерни маховиком может привести к заклиниванию МСХ приводного механизма, резкому увеличению частоты вращения и выходу из строя якоря электродвигателя.

После неудачного пуска двигателя перед повторным включением стартера необходимо убедиться в полной остановке двигателя. Включение стартера при работающем двигателе может привести к поломке зубьев шестерни и венца маховика или повреждению МСХ. Категорически запрещается передвигать автомобиль с помощью стартера. Испытывая значительные перегрузки, стартер быстро выйдет из строя.

При нормальной эксплуатации стартеры не требуют частого обслуживания. Обычно при ТО-2 рекомендуется проверять крепление стартера на двигателе и крепление наконечников проводов к выводам тягового реле и реле включения.

Через 25 000–40 000 км, лучше при подготовке к зимней эксплуатации, рекомендуется снять стартер с двигателя, произвести внешний осмотр. При необходимости стартер следует разобрать. Вал якоря и шлицевую втулку приводного механизма смазывают тонким слоем графитной смазки или смазкой ЦИАТИМ-201.

Винтовые шлицы вала, втулки подшипников обеих крышек стартера СТ 221 рекомендуется смазывать моторным маслом М6₃/10Г₁, а поводковое кольцо привода – консистентной смазкой Литол-24.

После сборки стартера и регулировки привода необходимо на стенде проверить работу стартера в режиме холостого хода и полного торможения.

Вывод по работе выполняется по результатам сравнения параметров с техническими условиями по всем видам проверок.

Контрольные вопросы

1. Как устроен стартер с электромагнитным включением?
2. Какие существуют конструкции привода стартера? Требования, предъявляемые к приводу стартера.
3. Почему в конструкциях стартеров используются электродвигатели с последовательным, смешанным или постоянным возбуждением?
4. По схеме объясните работу стартера с дистанционным управлением.

5. Назовите основные параметры электростартера.
6. Назовите электромеханические характеристики стартеров.
7. В чем заключается испытание стартера на стенде и как оно осуществляется на стенде Э-211?
8. Как осуществляется проверка технического состояния стартеров?
9. В чем заключается регулировка приводов стартеров?
10. Что регулируется в реле включения стартера?
11. Как проверяется тяговое реле стартера?
12. Как проверяются обмотки электродвигателя стартера?
13. Какие неисправности системы пуска приведут к тому, что:
 - стартер не включается?
 - стартер включается, а двигатель не запускается?
 - стартер не выключается?

Лабораторная работа № 2

УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Цель работы

1. Изучить конструкцию, принцип действия и технические характеристики приборов систем зажигания.

2. Исследовать рабочую характеристику батарейного зажигания и изучить способы проверки неисправностей системы зажигания. Произвести диагностирование основных компонентов системы зажигания.

Оборудование и инструменты: стенд СПЗ-8М, осциллограф С1-102, прибор Э203П, прерыватель-распределитель, катушка зажигания, конденсатор, комплект проводов, инструменты (набор ключей, щуп, отвертка), учебные плакаты и таблицы с техническими характеристиками приборов и аппаратов систем зажигания.

Общие сведения

Назначение системы зажигания

Рабочая смесь в камерах сгорания цилиндров карбюраторного двигателя воспламеняется от электрического разряда между электродами свечи зажигания. Температура искры разряда достигает 10000 °С, что обеспечивается высоким напряжением, создаваемым катушкой зажигания, питающейся от бортовой сети автомобиля. Для бесперебойного искрообразования между электродами свечи зажигания на всех режимах работы двигателя высокое напряжение, подводимое к свече, должно быть не менее 12000 В.

Устройство и функционирование классической (батарейной) системы зажигания

Основные аппараты классической (батарейной) системы зажигания:

1. *Источники низкого напряжения* (АКБ и генераторная установка);

2. *Катушка зажигания*, преобразующая ток низкого напряжения (12 В) в ток высокого напряжения (12 000–30 000 В). Электрические принципиальные схемы катушек представлены на рис. 2.1, а электромагнитная схема и конструкции катушек зажигания – на рис. 2.2. Катушка зажигания представляет собой повышающий трансформатор с коэффициентом трансформации более 1000. Кроме активного сопротивления и индуктивности катушка обладает емкостью вторичной обмотки, что также следует учитывать при расчетах параметров.

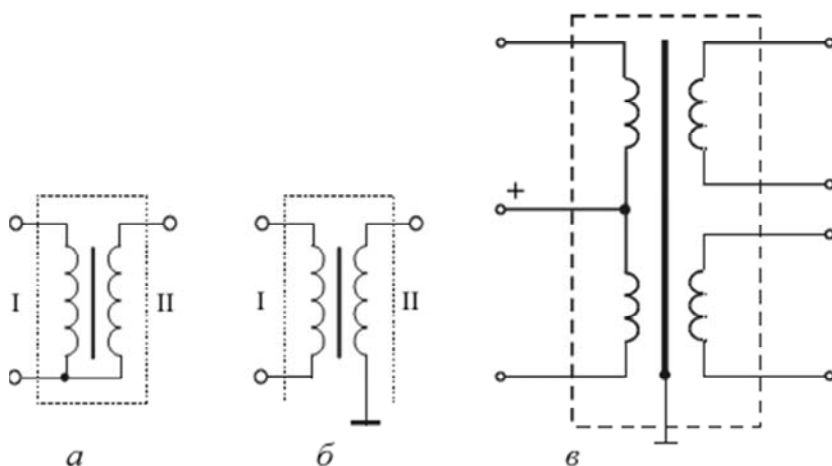


Рис. 2.1. Электрические принципиальные схемы катушек зажигания:
а – катушка зажигания, выполненная по автотрансформаторной схеме;
б – катушка зажигания, выполненная по трансформаторной схеме;
в – сдвоенная катушка зажигания с отдельными высоковольтными обмотками (статическая система)

3. *Прерыватель-распределитель*, состоящий из прерывателя, в нужный момент прерывающего цепь тока низкого напряжения, и распределителя, распределяющего ток высокого напряжения по свечам зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя, а также центробежного и вакуумного регуляторов угла опережения зажигания и октан-корректора.

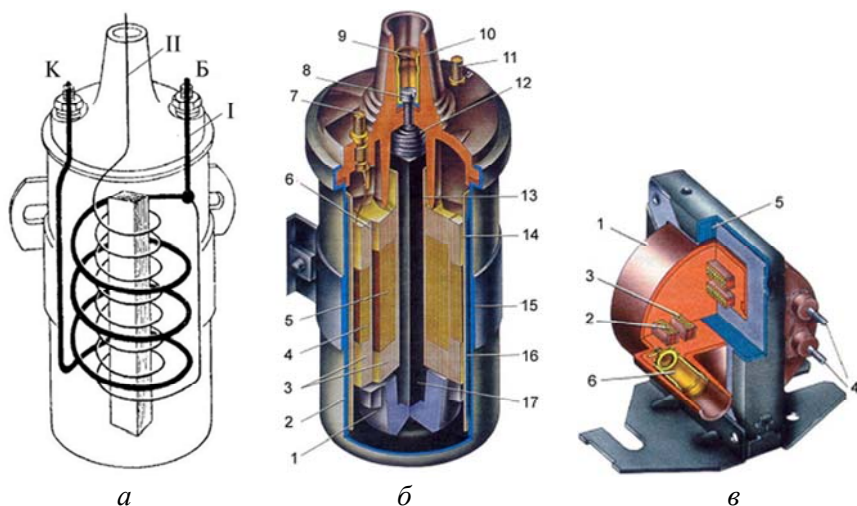


Рис. 2.2. Устройство катушки зажигания:

а – электромагнитная схема катушки зажигания: I – первичная обмотка катушки зажигания; II – вторичная обмотка катушки зажигания; *б* – катушка зажигания с открытым магнитопроводом: 1 – корпус катушки; 2 – первичная обмотка; 3 – вторичная обмотка; 4 – первичная обмотка; 5 – вторичная обмотка; 6 – изолирующий слой между первичной и вторичной обмотками; 7 – вывод «К»; 8 – вывод «Центр электрода»; 9 – контактный фиксатор; 10 – изолятор центрального электрода; 11 – вывод «Б1»; 12 – пружинный контакт; 13 – магнитопровод; 14 – внешняя изоляция; 15 – крепежная лента; 16 – масляная камера; 17 – лента магнитопровода; *в* – катушка зажигания с замкнутым магнитопроводом: 1 – корпус катушки зажигания; 2 – первичная обмотка катушки зажигания; 3 – вторичная обмотка катушки зажигания; 4 – выводы вторичной обмотки; 5 – замкнутый магнитопровод

4. *Свечи зажигания*, служащие для преобразования высокого напряжения в камере сгорания цилиндра за счет преобразования искрового разряда в теплоту с высокой температурой. Для бензиновых и газовых двигателей применяют неразборные свечи с керамическими изоляторами (рис. 2.3).

Ток высокого напряжения поступает от вывода 1 к центральному электроду 8 через помехоподавительный резистивный слой 5.

Центральный электрод 8 выполнен из хромистой или хром-титановой проволоки, а боковой 9 – из никель-марганцевой проволоки. Искровой зазор между электродами в системе транзисторного зажигания равен 1,0–1,2 мм, а в системе батарейного зажигания 0,5–0,9 мм.

Изолятор 3 изготавливается из уралита с содержанием 75 % оксида алюминия или кристаллокорунда. Эти изоляторы обладают очень высокой электрической и механической прочностью при высоких температурах. Уплотнительная прокладка между корпусом и изолятором обеспечивает герметизацию цилиндра двигателя, а также хороший отвод тепла от изолятора на корпус 4. Уплотнительная шайба 6 герметизирует цилиндр от прорыва газов по резьбе 7. Подключение высоковольтных проводов производится к выводу 1 или наворачиваемому контакту 2. Величина пробивного напряжения между электродами свечи зависит от многих факторов, в частности:

- от величины искрового промежутка;
- давления и температуры смеси;
- формы и длительности импульса;
- формы и полярности электродов;
- температуры электродов и др.

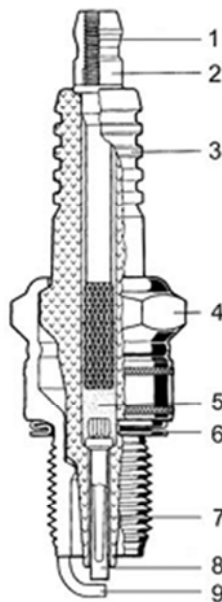


Рис. 2.3. Устройство свечи зажигания

В процессе работы двигателя на изолятор свечи, расположенный в камере сгорания, попадает масло, которое, сгорая, образует нагар, шунтирующий искровой зазор, что приводит к снижению вторичного напряжения. Нагар на свече сгорает при температуре 500–600 °С (температура самоочищения). При температуре выше 700 °С, называемой тепловым пределом работоспособности свечи, происходит преждевременное воспламенение рабочей смеси от соприкосновения с раскаленным изолятором (наступает калильное зажигание). Так как тепловой режим различных двигателей существенно отличается, то свечи изготавливают с различной тепловой характеристикой – калильным числом. Согласно ГОСТ 2043–74 калильное число характеризуется величиной, пропорциональной среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи зажигания на моторной тарировочной установке в цилиндре появляется калильное зажигание. Калильное число выбирается из ряда (8, 11, 14, 17, 20, 23, 26) условных единиц. У разных производителей калильное число указывается в соответствии с табл. 2.1.

Таблица 2.1

Калильное число различных производителей

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

Маркировка российских свечей содержит:

- обозначение резьбы на корпусе (А – резьба $M14 \times 1,25$ или М – резьба $M18 \times 1,5$);
- калильное число;
- обозначение длины резьбовой части корпуса (Н – 11 мм, Д – 19 мм, длина резьбовой части корпуса (12 мм) не обозначается);
- обозначение выступания теплового конуса изолятора за торец корпуса – В, отсутствие выступания не обозначают;
- обозначение герметизации по соединению «изолятор–центральный электрод» термоцементом – Т, герметизация иным герметиком не обозначается.

Чем больше калильное число, тем лучше отводится тепло от свечи. Таким образом, чем меньше длина «юбки» свечи и чем меньше диаметр, тем свечи холоднее (рис. 2.4).

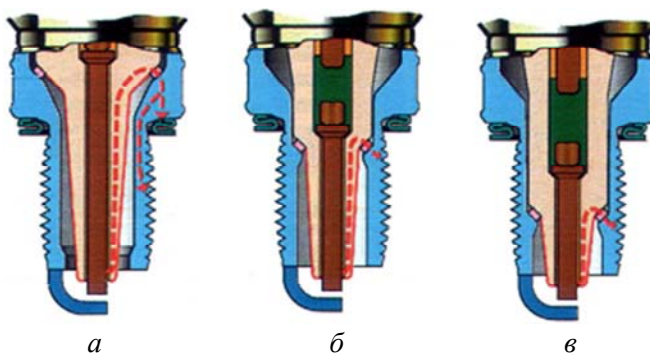


Рис. 2.4. Отличия тепловых характеристик по внешнему виду изолятора:
а – «горячая» свеча; б – «нормальная» свеча; в – «холодная» свеча

Взаимозаменяемость свечей приведена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Взаимозаменяемость свечей зажигания различных производителей

Россия	Bosch, Германия	Cham- pion, Англия	Motor- kraft, США	Marelli, Италия	NGK, Япония	Применение
А11	W8A, W9A	L88	AE52	CW3N	V5HS	ГАЗ-53 А, ЗИЛ-431410, УАЗ-469
А14Д	W8CC	N5	AG3, AG31	CW5L		ГАЗ-32 «Волга», с двигателем ЗМЗ-4022.10
А17Д	W7CC	N4	AG2, AG21	CW6L	B6ES	Дефорсированный двигатель УЗАМ-412ДЭ
А17ДВ	W7DC,	N10Y	AG252	CW7LP	BP6E	ВАЗ 2101-2107
	W7DP				S	АЗЛК-2141 с двигателем ВАЗ-2106-70
А17ДВ-10	W7DC, W7DP	N9Y	AG252	CW7LP	BP6ES	ВАЗ 2108, -2109, ЗАЗ-1102
А20Д-1 А20Д-2	W6CC	N3	AG4	CW7L	B7ES	«Москвич»-412, 2140, 21412, ИЖ-2125
А 23	W5A	LW81, LW82	AE2, AE3	CW7N	B7IIS	МеМЗ-968, -969

5. *Конденсатор*, включенный параллельно контактам прерывателя, предназначен для образования колебательного контура с первичной обмоткой катушки зажигания и уменьшения искрения между контактами прерывателя.

6. *Провода низкого и высокого напряжения* предназначены для передачи энергии высокого напряжения от катушки зажигания к распределителю и от распределителя к свечам зажигания.

7. *Помехоподавительные резисторы* предназначены для уменьшения излучения электромагнитных колебаний в пространство.

Принципиальная схема батарейной системы зажигания показана на рис. 2.5.

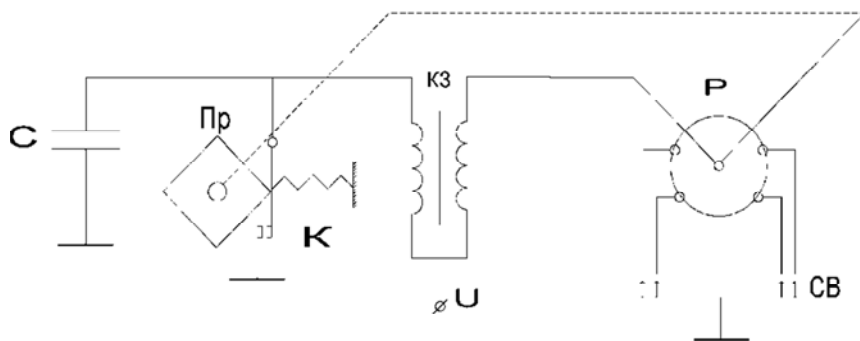


Рис. 2.5. Электрическая принципиальная схема классической системы зажигания

Рабочим режимом батарейного зажигания является переходный режим, который можно разделить на три этапа:

- 1) нарастание первичного тока после замыкания контактов прерывателя;
- 2) нарастание вторичного напряжения, а также колебательный процесс после размыкания контактов в первичной цепи;
- 3) пробой искрового промежутка свечи.

При включении зажигания напряжение АКБ поступает на вывод катушки зажигания. Если контакты прерывателя замкнуты, ток протекает через первичную обмотку катушки зажигания на массу. В катушке создается магнитное поле. Вследствие индуктивности и сопротивления первичной обмотки сила тока увеличивается по экспоненциальному закону.

Время накопления энергии определяется углом замкнутого состояния контактов. Этот угол задается формой кулачка прерывателя, вращающегося вместе с валом прерывателя.

В конце периода замкнутого состояния кулачок размыкает контакты, тем самым прерывая ток в первичной обмотке катушки зажигания. Напряжение, индуцируемое во вторичной обмотке катушки зажигания, в основном определяется следующими параметрами:

- силой тока, протекающего по первичной обмотке;
- временем замкнутого и разомкнутого состояния контактов и количеством витков вторичной обмотки.

$$U_{2\max} = I_p k_{\text{тр}} k_{\pi} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2 k_{\text{тр}}^2}}, \text{ В},$$

где I_p – сила тока в первичной обмотке катушки зажигания:

$$I_p = \frac{U_1}{R_1} \left(1 - e^{\left(-\frac{R_1}{L_1} \right) t_3} \right), \text{ А},$$

где U_1 – напряжение бортовой сети автомобиля, В;

R_1 – активное сопротивление первичной обмотки катушки зажигания, Ом;

L_1 – индуктивность первичной обмотки катушки зажигания, Гн;

t_3 – время замкнутого состояния контактов, с;

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент трансформации катушки зажигания:

$$k_{\text{тр}} = \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

где ω_1 и ω_2 – количество витков в первичной и вторичной обмотках соответственно;

k_{π} – коэффициент потерь энергии (для контактной системы зажигания составляет 0,75–0,85);

C_1 – емкость конденсатора в первичной цепи катушки зажигания;

C_2 – емкость элементов вторичной цепи (провода, свечи, распределитель и т. д.).

В момент размыкания контактов ток в первичной цепи образуется за счет ЭДС самоиндукции, что приводит к образованию искры между контактами. Энергия самоиндукции используется для образования совместно с конденсатором колебательного контура. Одновременно конденсатор уменьшает искрение между контактами прерывателя. Параллельно с искрообразованием на свече ток протекает в первичной цепи и заряжает конденсатор до напряжения 100 В и более.

Ток во вторичной цепи протекает с вывода вторичной обмотки на центральный электрод крышки распределителя, откуда попадает

на токоразносную пластину бегунка и, в момент близкого взаимного стояния пластины и периферийного электрода в крышке, через него и свечной провод проходит к центральному электроду соответствующей свечи. После этого за счет разряда свечи происходит преобразование электрической энергии, запасенной в катушке зажигания, в тепловую. Длительность искрового разряда составляет 1–2 мс. После того, как затухающие колебания катушки зажигания и конденсатора прекратились и искрообразование произошло, кулачок вновь замыкает контакты и процесс повторяется. Бегунок, продолжающий вращение, соединяет токоразносную пластину со следующей, по порядку работы двигателя, свечой.

Зависимость максимального напряжения, развиваемого системой зажигания, от скорости вращения коленчатого вала двигателя называется рабочей характеристикой батарейного зажигания.

Одна из рабочих характеристик батарейного зажигания для двигателей с числом цилиндров четыре и шесть представлена на рис. 2.6.

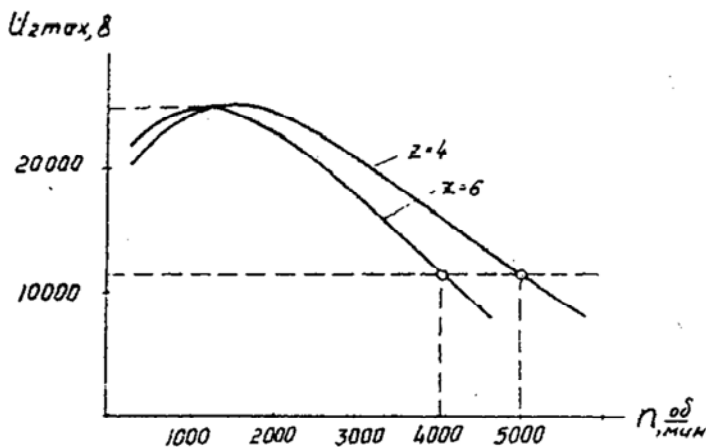


Рис. 2.6. Зависимости напряжения во вторичной обмотке от частоты вращения коленчатого вала

С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя уменьшается время замкнутого состояния контактов прерывателя, следовательно, уменьшаются время накопления магнитной энергии в катушке зажигания и напряжение во вторичной цепи. Если прове-

сти горизонтальную линию, соответствующую нижнему пределу напряжения, при котором еще происходит пробой искрового промежутка свечи, равного приблизительно 11 000 В, то точки пересечения этой линии с характеристиками дадут предельные значения максимальной частоты вращения двигателя 4000 и 5000 мин⁻¹, выше которых катушка зажигания уже не обеспечивает заданного напряжения.

Вторичное напряжение можно увеличить, повысив ток разрыва. Однако этот путь является практически неприемлемым, так как увеличение тока разрыва ограничивается электроэрозионной стойкостью контактов прерывателя. Для надежной работы контактов величина тока разрыва при напряжении 12 В не должна превышать силу тока 3,5 А.

Прерыватель-распределитель кроме описанных выше функций также выполняет функции регулятора угла опережения зажигания. Самый выгодный угол опережения зажигания зависит в основном от соотношения между скоростью сгорания смеси, частотой вращения и нагрузкой двигателя. На скорость сгорания смеси влияют как конструктивные факторы двигателя (степень сжатия, форма камеры сгорания и др.), так и состав рабочей смеси, который не остается постоянным на различных режимах работы двигателя. Величина вторичного напряжения непостоянна на всех режимах работы двигателя.

Независимо от состава смеси наибольшее давление газов при сгорании должно развиваться, когда поршень перейдет ВМТ на 10–15° по углу поворота коленчатого вала. При слишком большом угле опережения зажигания давление газов в цилиндрах двигателя достигает максимальной величины до того, как поршень дойдет до ВМТ. Газы будут противодействовать движению поршня, в результате этого мощность и экономичность двигателя уменьшаются.

При позднем зажигании нарастание давления газов в цилиндрах двигателя происходит не интенсивно, так как смесь горит при увеличивающемся объеме. Это также снижает показатели работы двигателя и приводит к перегреву.

Поэтому с увеличением частоты вращения вала для получения максимальной мощности двигателя угол опережения зажигания необходимо увеличить и, наоборот, уменьшить при снижении частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Схема центробежного регулятора угла опережения зажигания приведена на рис. 2.7.

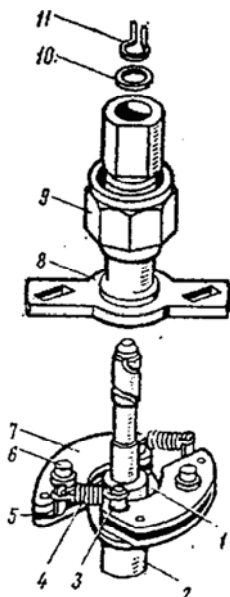


Рис. 2.7. Схема центробежного регулятора угла опережения зажигания:

- 1 – поводковая пластина; 2 – валик;
- 3 – оси грузиков; 4 – пружины;
- 5 – стойки; 6 – шпильки грузиков;
- 7 – грузики; 8 – поводковая пластина;
- 9 – кулачок; 10 – опорная шайба;
- 11 – замочное кольцо

Пластина регулятора, соединенная с валом, имеет грузики, которые могут поворачиваться относительно осей. С ростом частоты вращения коленчатого вала увеличивающаяся центробежная сила разводит грузики наружу. В результате грузики своими выступами поворачивают поводок в направлении вращения относительно вала распределителя. Также вместе с поводком поворачивается кулачок прерывателя, контакты разомкнутся раньше и раньше образуется искра на электродах свечи.

Необходимость регулирования угла опережения зажигания при изменении нагрузки на двигатель обусловлена степенью наполнения цилиндров горючей смесью. По мере роста нагрузки двигателя открытие дроссельной заслонки увеличивается. В цилиндры поступает большее количество горючей смеси, и она горит быстрее. По этой причине с увеличением нагрузки угол опережения зажигания необходимо уменьшать.

Вакуумный регулятор отслеживает нагрузочный режим двигателя. Центробежный и вакуумный регуляторы связаны между собой таким образом, чтобы оба регулирующих воздействия складывались. Регулирующим параметром является разрежение во впускном трубопроводе вблизи от дроссельной заслонки.

Схема вакуумного регулятора угла опережения зажигания показана на рис. 2.8.

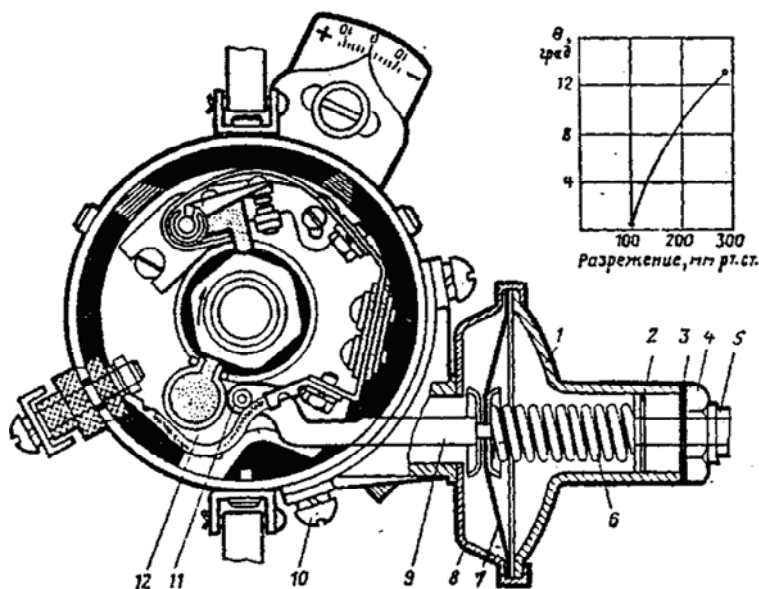


Рис. 2.8. Устройство и характеристика вакуумного регулятора угла опережения зажигания:

1 – крышка; 2 – регулировочные шайбы; 3 – алюминиевая прокладка; 4 – штуцер; 5 – трубка; 6 – пружина; 7 – диафрагма; 8 – корпус; 9 – тяга; 10 – винты; 11 – шип; 12 – подвижная пластина прерывателя

При уменьшении нагрузки возрастет разрежение в камере мембранного датчика установки зажигания, в результате левая пружина отжимает мембрану вправо вместе со штоком.

Шток поворачивает пластину с контактами в направлении, противоположном вращению вала прерывателя. Это приводит к тому, что контакты разомкнутся раньше, а поскольку малая нагрузка характеризуется высокой частотой вращения коленчатого вала, то центробежный регулятор также увеличит угол опережения зажигания. Таким образом, оба регулятора будут изменять угол опережения зажигания в одном направлении.

При увеличении нагрузки падает частота вращения коленчатого вала, следовательно, уменьшается разрежение за дроссельной заслонкой. Это приводит к тому, что шток с мембраной перемещают-

ся влево под действием правой пружины и контакты размыкаются позже. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала центробежный регулятор также будет уменьшать угол опережения зажигания. Дополнительное уменьшение угла опережения зажигания нужно для улучшения состава отработавших газов.

Основные неисправности контактной системы зажигания приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Основные неисправности и причины их возникновения
классической системы зажигания

Неисправности	Причины
Двигатель не запускается	
Отсутствие питания катушки зажигания	Окисление или обрыв провода питания катушки зажигания, неисправность замка зажигания или вариатора
Питание присутствует, но ток не идет при замыкании контактов	Обрыв провода от прерывателя к катушке зажигания, неисправность первичной обмотки катушки зажигания, плохой контакт между контактами прерывателя, соединение прерывателя с массой
Питание присутствует, ток идет при замыкании контактов, но отсутствует высокое напряжение на свече зажигания	Обрыв вторичной обмотки катушки зажигания, неисправность распределителя или высоковольтных проводов, неисправность свечей зажигания
Контакты не замыкаются	Неисправность привода вала прерывателя-распределителя зажигания, увеличен зазор между контактами прерывателя, неисправна пружина прерывателя, неисправен кулачковый вал
Двигатель работает нестабильно	
С перебоями	Неправильно установлен начальный угол опережения зажигания, неисправен центробежный или вакуумный регулятор, утечка высокого напряжения в высоковольтных проводах и свечах зажигания, отсутствует или неисправен конденсатор
«Троит»	Неисправность свечи зажигания одного из цилиндров, неисправность ЦПГ и ГРМ, неисправность высоковольтного провода соответствующего цилиндра, неисправность крышки распределителя зажигания

Для выявления данных неисправностей используются способы диагностирования как на автомобиле, так и со снятием с автомобиля отдельных узлов и деталей системы. При диагностировании классической системы зажигания можно использовать как сложное оборудование, такое как мотор-тестер, так и простое, такое как лампочка, вольтметр, амперметр и омметр. Так как сила тока в цепи достаточно большая, то использование лампочки в качестве диагностического прибора оправданно. С помощью лампочки можно обнаружить наличие питания на катушке зажигания, протекание тока в первичной обмотке катушки зажигания, момент замыкания и размыкания контактов прерывателя и некоторые другие параметры.

Особенности контактно-транзисторной системы зажигания

На восьмицилиндровых бензиновых двигателях, имеющих повышенную степень сжатия и относительно большую частоту вращения коленчатого вала двигателя, применяются контактно-транзисторные системы зажигания.

Основной особенностью этой системы является то, что через контакты прерывателя протекает ток управления, в 5–10 раз меньший, чем в классической системе, что практически исключает износ контактов прерывателя и необходимость частой их зачистки, регулировки и замены.

Ток цепи первичной обмотки катушки зажигания проходит только через транзистор и может быть увеличен, а в связи с этим и вторичное напряжение тоже увеличивается в 1,25–1,5 раза.

Характеристики контактно-транзисторной системы зажигания почти не изменяются с увеличением скорости вращения двигателя, в связи с этим обеспечивается надежная работа системы на всех режимах работы двигателя.

В контактно-транзисторную систему зажигания входят следующие аппараты:

1. *Прерыватель-распределитель восьмиискровой*, с центробежным и вакуумным регуляторами опережения зажигания и октан-корректором. Конструкция этих прерывателей-распределителей аналогична конструкции прерывателя-распределителя классической системы

зажигания. Отличие в том, что на прерывателе не устанавливается конденсатор.

2. *Катушка зажигания* Б114 в отличие от катушки Б115 имеет следующие конструктивные особенности. Первичная обмотка имеет меньшее число витков и наматывается проводом большего диаметра, что уменьшает сопротивление и индуктивность. Концы первичной обмотки соединены с зажимом «К» крышки и зажимом без обозначения. Увеличено число витков вторичной обмотки. Один конец вторичной обмотки соединен с центральным выводом крышки, а второй – с корпусом катушки. В крышке катушки зажигания Б114-Б высоковольтный вывод не имеет резьбового штуцера и аналогичен выводам катушки распределителя.

3. *Дополнительный резистор* СЭ107. В металлической коробке на двух фарфоровых изоляторах закреплены спирали резисторов сопротивлением по 0,5 Ом каждый, выполненные из константановой проволоки, что предотвращает увеличение сопротивления при нагреве. Концы резисторов приварены к контактным пластинам, соединяющимся с изолированными от коробки зажимами «К», «ВК», «ВК-Б». Свечи зажигания такие же, как и в батарейной системе зажигания.

4. *Транзисторный коммутатор* ТК102. В коммутаторе установлены транзистор, кремниевый стабилитрон, резистор, конденсатор и импульсный трансформатор, состоящий из сердечника, первичной и вторичной обмоток. Транзисторный коммутатор имеет четыре зажима: «Р», «К», «М» и один без обозначения. Схема контактно-транзисторной системы зажигания показана на рис. 2.9. При включенном зажигании, когда контакты прерывателя разомкнуты, транзистор закрыт и в первичной цепи ток не проходит. В момент замыкания контактов прерывателя в цепи управления транзистора будет проходить ток не более 0,8 А. С увеличением частоты вращения кулачка сила тока в цепи управления транзистора уменьшается до 0,3 А.

Путь тока в цепи управления транзистора: плюсовой вывод батареи, зажим тягового реле стартера, зажим «КЗ» выключателя, дополнительный резистор, первичная обмотка катушки зажигания, безымянный зажим транзисторного коммутатора, переход «эмиттер–база транзистора», первичная обмотка импульсного трансформатора, контакты прерывателя, корпус, минусовый вывод АКБ.

Сила тока в первичной цепи при открытом транзисторе достигает 8 А при неработающем двигателе и снижается до 3 А при увеличении частоты вращения.

В момент прерывания тока управления во вторичной обмотке импульсного трансформатора индуцируется ЭДС, действующая в направлении, противоположном току управления, вследствие чего ускоряется запирающее действие транзистора и прерывание тока в первичной обмотке катушки зажигания. Энергия тока индукции вторичной обмотки трансформатора расходуется на нагрев резистора, который увеличивает длительность действия запирающего импульса.

Цепь тока высокого напряжения: вторичная обмотка катушки зажигания, распределитель, свеча зажигания, корпус, вторичная обмотка.

Для предотвращения перегрева и пробоя транзистора при увеличении ЭДС самоиндукции первичной обмотки, что имеет место при обрыве в цепи высокого напряжения или на малой частоте вращения коленчатого вала двигателя, параллельно цепочке конденсатора С1 включена цепочка, состоящая из диода Д1 и стабилитрона Д2 со встречным направлением прямых проводимостей. Диод Д1 препятствует прохождению тока от АКБ через стабилитрон Д2, минуя первичную обмотку катушки зажигания.

При увеличении ЭДС самоиндукции первичной обмотки катушки зажигания выше 80 В стабилитрон пропускает через себя ток самоиндукции, шунтируя тем самым первичную обмотку катушки зажигания.

Основные неисправности контактно-транзисторной системы зажигания приведены в табл. 2.4. Для выявления данных неисправностей используются различные способы диагностирования как на автомобиле, так и со снятием с него отдельных узлов и деталей системы. При диагностировании контактно-транзисторной системы зажигания можно использовать как сложное оборудование, такое как мотор-тестер, так и простое, такое как лампочка, вольтметр, амперметр и омметр. Так как сила тока в цепи достаточно большая, то использование лампочки в качестве диагностического прибора оправдано. С помощью лампочки можно обнаружить наличие питания на катушке зажигания, протекание тока в первичной обмотке катушки зажигания, момент замыкания и размыкания контактов прерывателя при подключении к транзисторному коммутатору и некоторые другие параметры.

Таблица 2.4

**Основные неисправности и причины их возникновения
в контактно-транзисторной системе зажигания**

Неисправности	Причины
Двигатель не запускается	
Отсутствие питания катушки зажигания	Окисление или обрыв провода питания катушки зажигания, неисправность замка зажигания или вариатора
Питание присутствует, но при замыкании контактов ток не идет	Обрыв провода от прерывателя к транзисторному коммутатору, обрыв провода от транзисторного коммутатора к катушке зажигания, неисправность первичной обмотки катушки зажигания, плохой контакт между контактами прерывателя, нарушено соединение прерывателя и транзисторного коммутатора с массой, отсутствует питание транзисторного коммутатора, неисправность транзисторного коммутатора
Питание присутствует, ток идет при замыкании контактов, но отсутствует высокое напряжение на свече зажигания	Обрыв вторичной обмотки катушки зажигания, неисправность распределителя или высоковольтных проводов, неисправность свечей зажигания
Контакты не замыкаются	Неисправность привода вала прерывателя-распределителя зажигания, увеличен зазор между контактами прерывателя, неисправна пружина прерывателя, неисправен кулачковый вал
Двигатель работает нестабильно	
С перебоями	Неправильно установлен начальный угол опережения зажигания, неисправен центробежный или вакуумный регулятор, утечка высокого напряжения в высоковольтных проводах и свечах зажигания
«Троит»	Неисправность свечи зажигания одного из цилиндров, неисправность ЦПГ и ГРМ, неисправность высоковольтного провода соответствующего цилиндра, неисправность крышки распределителя зажигания

Особенности систем зажигания с бесконтактным управлением

В бесконтактной системе зажигания для восьмицилиндрового двигателя при пуске двигателя стартером контактный диск (КД) тягового реле стартера замыкает резистор R6, что снижает сопротивление первичной цепи, а поэтому увеличивается сила тока низкого напряжения и вместе с этим повышается напряжение во вторичной цепи. Распределитель тока высокого напряжения состоит из крышки и ротора обычной конструкции.

Для обеспечения надежной работы системы зажигания в корпусе распределителя вместо прерывателя установлен магнитоэлектрический (индукционный) датчик импульсов ДИ (рис. 2.10). Ротором датчика является восьмиполюсный магнит 4, жестко закрепленный на валике 5 поводковой пластины 6 центробежного регулятора опережения зажигания 7.

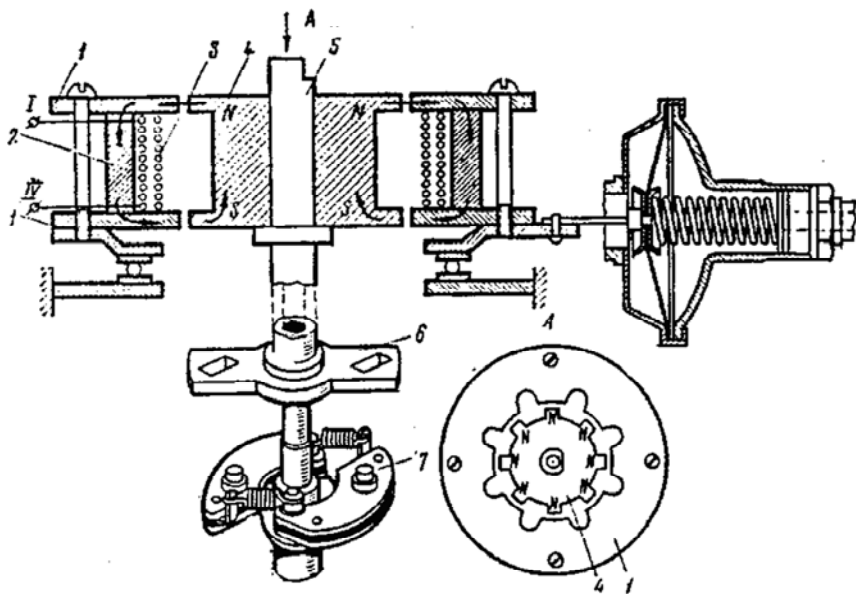


Рис. 2.10. Индукционный датчик

Статор датчика состоит из стального цилиндра 2, двух стальных полюсных наконечников 1, имеющих по восемь выступов, обмотки 3

и деталей крепления. Обмотка датчика закреплена между полюсными наконечниками, а концы ее подключены к двум изолированным зажимам I и IV корпуса распределителя. Центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания устроены так же, как и в обычных прерывателях-распределителях. Электрическая схема бесконтактной транзисторной системы зажигания показана на рис. 2.11.

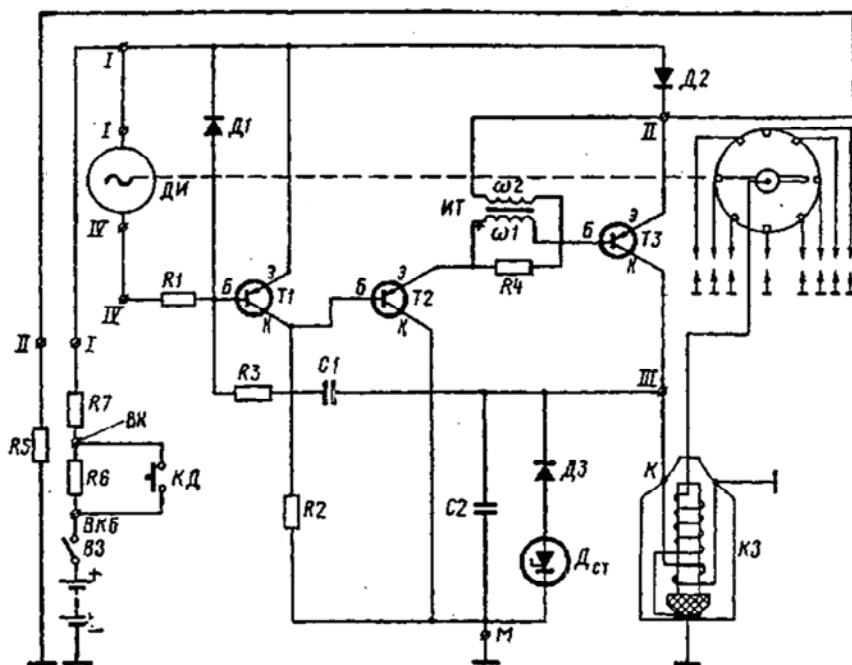


Рис. 2.11. Электрическая схема бесконтактной системы зажигания с индукционным датчиком

В транзисторном коммутаторе внутри корпуса установлены три транзистора Т1, Т2 и Т3 с проводимостью « $p-n-p$ », стабилитрон «Д_{ст}», три диода Д1, Д2, Д3, импульсный трансформатор «ИТ», два конденсатора С1, С2 и резисторы R1, R2, R3, R4. Все эти элементы залиты специальной смолой. Корпус имеет выводы I, II, III, IV и М.

Принцип действия системы зажигания следующий. При включенном зажигании и неподвижном роторе датчика импульсов ДИ транзи-

стор Т1 будет закрыт, так как его база и эмиттер будут соединены с плюсом батареи посредством активного сопротивления обмотки датчика и резистора R1. Транзистор Т2 будет открыт, так как его база через резистор R2 соединена с отрицательным выводом «М» батареи.

Через открытый эмиттерно-коллекторный переход транзистора Т2 база транзистора Т3 соединяется с отрицательным потенциалом, что вызывает его открывание. При открытом транзисторе Т3 ток низкого напряжения до 7А будет проходить по следующей цепи: положительный зажим батареи, включатель зажигания ВЗ, добавочные резисторы R6 и R7, диод Д2, транзистор Т3, первичная обмотка катушки зажигания, корпус, отрицательный вывод батареи. В данной системе без надобности не следует оставлять включенным зажигание, так как это приведет к перегреву и выходу из строя отдельных элементов системы зажигания.

При вращении ротора датчика магнитный поток магнита, пересекающий обмотку, будет изменяться по синусоиде, а поэтому в обмотке индуцируется синусоидальная ЭДС.

Индуцируемая ЭДС создает в цепи датчика ток, который будет проходить через резистор R1 и диод Д1. Когда на базу транзистора Т1 будет подводиться положительный полупериод ЭДС, транзистор Т1 по-прежнему будет в закрытом состоянии. Когда на базу транзистора Т1 будет подводиться отрицательный полупериод ЭДС, транзистор Т1 откроется. В момент открывания транзистора Т1 к базе транзистора Т2 будет подводиться положительный потенциал, что вызовет его закрывание и закрывание транзистора Т3. Закрывание транзистора Т3 сопровождается увеличением сопротивления его переходов, а поэтому уменьшается сила тока в первичной обмотке катушки зажигания. В это время уменьшается магнитный поток, который, пересекая витки вторичной обмотки, индуцирует в них ЭДС до 30 000 В. ЭДС создает ток высокого напряжения, вызывающий образование искры между электродами свечи зажигания.

Для ускорения работы схемы в момент закрывания транзистора Т3 используется импульсный трансформатор. Энергия транзистора Т2 вызывает прерывание тока в цепи импульсного трансформатора «ИТ», что вызовет индуцирование ЭДС в его обмотках. Импульс ЭДС вторичной обмотки ω_2 трансформатора действует на переход «база–эмиттер транзистора Т3» в запирающем направлении (навстречу рабочему току), что значительно ускоряет его закрытие. При этом

энергия тока самоиндукции первичной обмотки расходуется на нагрев резистора R4.

Ускорение закрывания транзистора T2 обеспечивается делителем напряжения, состоящим из диода D2 и резистора R5. В момент открывания транзистора T2 будет подведен положительный потенциал, что и ускорит закрывание этого транзистора.

Для предотвращения пробоя транзистора T3 параллельно первичной обмотке включены два последовательно соединенных диода D3 и D_{ст} со встречным направлением прямых проводимостей.

Параллельно диоду D3 и стабилитрону D_{ст} подключен конденсатор C2 емкостью 1 мкФ, выполняющий такую же роль, что и конденсатор C1 в контактно-транзисторной системе зажигания.

База транзистора T1 и коллектор транзистора T3 соединены между собой конденсатором C1 с последовательно включенным резистором R3. Эта цепочка выполняет функцию обратной связи для поддержания затухающих колебаний при низкой частоте вращения коленчатого вала. В момент открытия транзистора T3 происходит заряд конденсатора C1, в результате чего на базу транзистора T1 подается отрицательный полупериод ЭДС и он откроется, что вызовет закрывание транзисторов T2 и T3, а поэтому прервется ток в первичной обмотке катушки зажигания и во вторичной обмотке катушки индуцируется ЭДС, создающая искру между электродами свечи зажигания.

Так как выключатель зажигания остается включенным, то снова откроются транзисторы T2 и T3, опять зарядится конденсатор C1 и процесс работы всех транзисторов периодически будет повторяться. В результате между электродами свечи зажигания будет поддерживаться электрическая дуга, облегчающая воспламенение рабочей смеси.

Бесконтактные системы зажигания с датчиком Холла

Элемент Холла представляет собой тонкую пластинку с четырьмя электродами, выполненную из полупроводникового материала (кремний, германий). Если через такую пластинку проходит ток силой I (рис. 2.12) и на нее одновременно действует магнитное поле, вектор магнитной индукции B которого перпендикулярен плоскости пластинки, то на параллельных направлению тока гранях возникает ЭДС Холла, которая определяется по следующему выражению:

$$U_H = \frac{kIB}{d}, \text{ В,}$$

где k – постоянная Холла, зависящая от материала пластинки;

I – сила тока, проходящая через пластинку между параллельными гранями;

B – напряженность магнитного поля;

d – толщина пластинки.

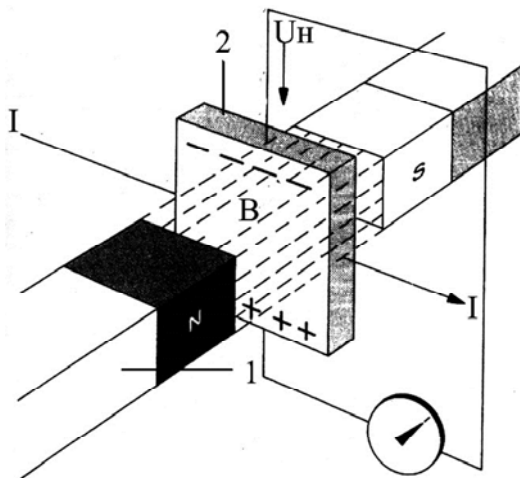


Рис. 2.12. Принцип работы элемента Холла:

1 – магнит; 2 – пластинка из полупроводникового материала

Схема распределителя с датчиком Холла представлена на рис. 2.13 и 2.14. Магнитное поле создается постоянным магнитом 1, а прерывание магнитного поля осуществляется ротором (экраном) 2 с окнами, укрепленным на валике распределителя. При прохождении окна ротора около постоянного магнита силовые линии его магнитного поля пронизывают поверхность элемента Холла и на его выходе возникает ЭДС. Если воздушный зазор между магнитом и элементом Холла перекрывается шторкой, магнитное поле замыкается на шторку экрана и не попадает на элемент Холла. Количество шторок и окон экрана соответствует количеству цилиндров двигателя. Ширина шторки экрана соответствует углу, при котором выходной транзистор коммутатора пропускает ток через первичную обмотку зажигания.

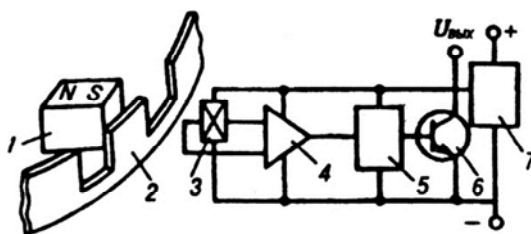


Рис. 2.13. Принцип работы датчика Холла:

1 – постоянный магнит; 2 – ротор; 3 – элемент Холла; 4 – операционный усилитель;
5 – формирователь импульсов; 6 – выходной каскад; 7 – блок стабилизации

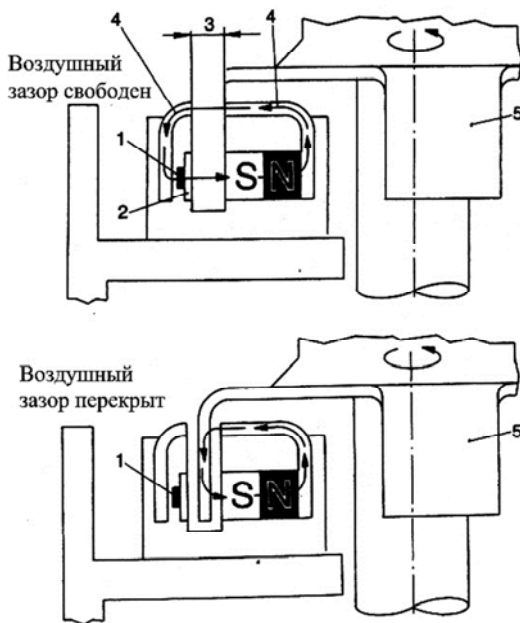


Рис. 2.14. Схема прерывания магнитного потока:

1 – датчик Холла; 2 – держатель датчика; 3 – воздушный зазор;
4 – магнитный поток; 5 – ротор

Через пластинку пропускается ток, примерно равный 30 мА, тогда напряжение на перпендикулярных гранях пластинки Холла составляет 2 мВ, увеличиваясь с ростом температуры. Учитывая небольшое напряжение, вырабатываемое элементом Холла, его надо обработать и усилить. Обычно пластинка представляет одно целое с интегральной

схемой, осуществляющей усиление и формирование сигнала. Осциллограммы работы датчика Холла приведены на рис. 2.15.

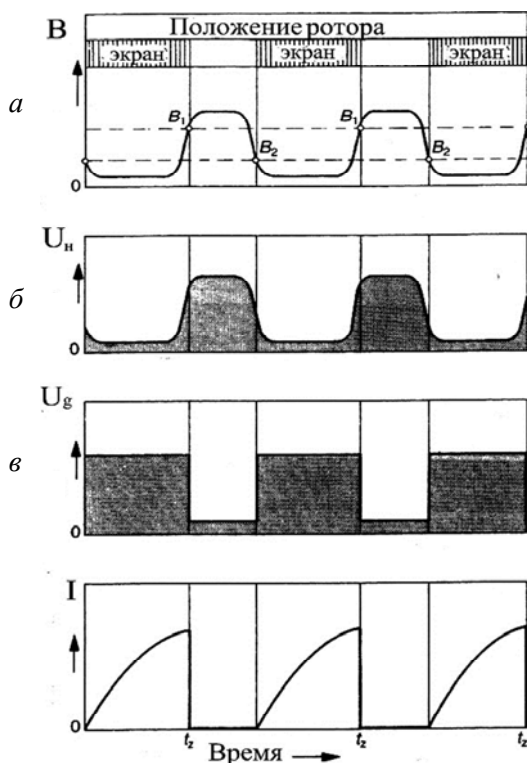


Рис. 2.15. Осциллограммы работы датчика Холла:

a – изменение магнитной индукции; *б* – изменение напряжения, вырабатываемого элементом Холла; *в* – изменение напряжения, вырабатываемого датчиком Холла; *г* – изменение силы тока первичной катушки зажигания; B – магнитная индукция; U_n – напряжение, вырабатываемое элементом Холла; U_g – напряжение, вырабатываемое датчиком Холла; I – сила тока первичной обмотки катушки зажигания; t_z – момент зажигания электрической искры

ЭДС U_n , вырабатываемая элементом Холла, поступает на операционный усилитель 4, где происходит усиление сигнала (см. рис. 2.13). После этого сигнал поступает на формирователь импульсов 5, где происходит преобразование сигнала из аналогового в дискретный вид. Затем полученный сигнал поступает на базу транзистора 6 выходного каскада и окончательно усиливается до величины напря-

жения U_g , достаточного для работы транзисторного коммутатора. При этом напряжение U_g за счет инверсии выходного каскада вырабатывается в момент отсутствия напряжения U_n с входа элемента Холла, т. е. в момент перекрытия шторкой экрана воздушного зазора, что соответствует напряжению U_n ниже 0,4 В. В таком положении экрана транзистор выходного каскада находится в открытом состоянии, при этом от коммутатора через транзистор проходит ток и база транзистора коммутатора соединяется с массой (рис. 2.16). Для исключения влияния на выходной сигнал датчика колебаний напряжения сети и температуры в схеме датчика имеется блок стабилизации 7 (см. рис. 2.15).

Учитывая, что проводимость транзистора Т1 $n-p-n$, наличие отрицательного потенциала этого транзистора приводит к его закрыванию. В результате этого прекращается подача положительного потенциала на базу Т2 через резистор R4 и коллекторно-эмиттерный переход транзистора Т1. При этом через резистор R7 на базу В транзистора Т2 подается отрицательный потенциал. Учитывая, что проводимость этих транзисторов $n-p-n$, отсутствие положительного потенциала на базе В приводит к закрыванию транзисторов Т2 и Т3, что, в свою очередь, увеличивает сопротивление в первичной обмотке катушки зажигания. При выходе экрана из воздушного зазора напряжение с элемента Холла достигает 0,4 В, вся схема меняет состояние активных элементов и через первичную обмотку катушки зажигания начинает протекать ток.

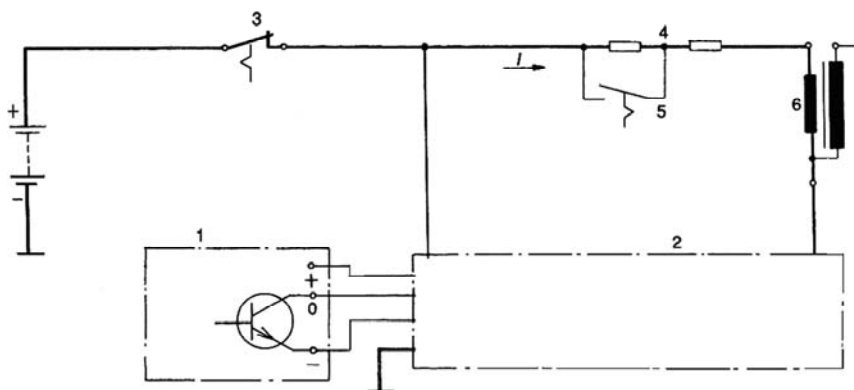


Рис. 2.16. Электрическая схема коммутатора с датчиком Холла:

1 – датчик Холла; 2 – коммутатор; 3 – замок зажигания; 4 – дополнительный резистор; 5 – шунт дополнительного резистора; 6 – катушка зажигания

Отдельно элементы прерывателя-распределителя с датчиком Холла показаны на рис. 2.17.

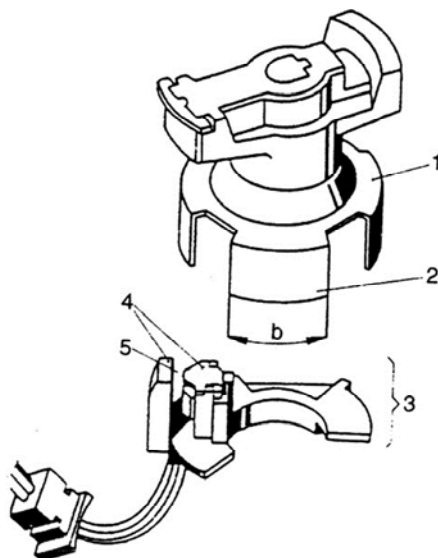


Рис. 2.17. Элементы прерывателя-распределителя с датчиком Холла:
1 – ротор; 2 – шторка; 3 – держатель датчика Холла; 4 – постоянный магнит
и датчик Холла; 5 – воздушный зазор

Пластинка и остальные составляющие датчика Холла устанавливаются внутри пластмассового корпуса, залитого смолой. Датчик Холла неразборный и не подлежит ремонту. Для соединения с коммутатором датчик Холла имеет три вывода.

Датчик-распределитель выдает управляющие импульсы низкого напряжения и распределяет импульсы высокого напряжения по свечам зажигания. Он имеет центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания. Бесконтактный датчик в сборе с опорной пластиной имеет возможность поворачиваться в зависимости от разряжения, подводимого к вакуумному регулятору.

Катушка зажигания, адаптированная к данной системе зажигания, установлена рядом с коммутатором. Она преобразует прерывистый ток низкого напряжения (12 В) в ток высокого напряжения (20–25 кВ), необходимый для пробоя воздушного зазора между электродами свечей зажигания. В верхней части катушка имеет отверстие, закрытое

пробкой диаметром 5,5 мм для защиты катушки от избыточного внутреннего давления. Пробка выталкивается из отверстия при росте давления вследствие повышения температуры из-за короткого замыкания.

Основные неисправности бесконтактной системы зажигания приведены в табл. 2.5. Для выявления данных неисправностей используются способы диагностирования как на автомобиле, так и со снятием отдельных узлов и деталей системы с автомобиля. При диагностировании бесконтактной системы зажигания следует использовать сложное оборудование, такое как мотор-тестер. Можно использовать и простое оборудование, такое как лампочка, вольтметр, амперметр и омметр, но только для силовых цепей и с соблюдением правил подключения. В противном случае возможно повреждение транзисторного коммутатора и других компонентов системы. Вместо лампочки в качестве диагностического прибора допускается использование светодиодного пробника. С помощью пробника можно обнаружить наличие питания на катушке зажигания, протекание тока в первичной обмотке катушки зажигания и некоторые другие параметры.

Таблица 2.5

Основные неисправности и причины их возникновения
в бесконтактной системе зажигания

Неисправности	Причины
Двигатель не запускается	
Отсутствие питания катушки зажигания	Окисление или обрыв провода питания катушки зажигания, неисправность замка зажигания или вариатора
Питание присутствует, но ток не идет, нет импульсов датчика	Неисправность привода вала распределителя зажигания, неисправен датчик
Питание присутствует, но при появлении импульсов датчика ток не идет	Обрыв провода от прерывателя к транзисторному коммутатору, обрыв провода от транзисторного коммутатора к катушке зажигания, неисправность первичной обмотки катушки зажигания, плохой контакт клемм датчика, нарушено соединение транзисторного коммутатора с массой, отсутствует питание транзисторного коммутатора, неисправность транзисторного коммутатора

Неисправности	Причины
Питание присутствует, ток идет при появлении импульсов датчика, но отсутствует высокое напряжение на свечах зажигания	Обрыв вторичной обмотки катушки зажигания, неисправность распределителя или высоковольтных проводов, неисправность свечей зажигания
Двигатель работает нестабильно	
С перебоями	Неправильно установлен начальный угол опережения зажигания, неисправен центробежный или вакуумный регулятор, утечка высокого напряжения в высоковольтных проводах и свечах зажигания
«Троит»	Неисправность свечи зажигания одного из цилиндров, неисправность ЦПГ и ГРМ, неисправность высоковольтного провода соответствующего цилиндра, неисправность крышки распределителя зажигания

Конденсаторные (тиристорные) системы зажигания

В конденсаторных системах зажигания энергия искрообразования накапливается не в магнитном поле катушки зажигания, а в электрическом поле специального накопительного конденсатора, который в нужные моменты времени подключается к катушке зажигания. Конденсаторные системы зажигания подразделяются на системы с импульсным и непрерывным накоплением энергии.

В системах с импульсным накоплением энергии процессы заряда и разряда накопительного конденсатора разделены паузами, а в системах с непрерывным накоплением таких пауз нет.

Системы с импульсным накоплением позволяют простыми средствами стабилизировать напряжение заряда накопительного конденсатора, т. е. сделать его не зависящим от изменений питания и других дестабилизирующих факторов.

Однако при малой пусковой частоте вращения вала двигателя в этих системах вследствие увеличения времени паузы накопительный конденсатор к моменту искрообразования успевает несколько

разрядиться и напряжение искрообразования уменьшается. Это налагает жесткие требования на значения токов утечки в элементах вторичной цепи (тиристоре, накопительном конденсаторе, выпрямительном диоде) и является недостатком систем с импульсным накоплением энергии.

Системы с непрерывным накоплением энергии свободны от указанного недостатка. Эти системы практически нечувствительны к утечкам в элементах вторичной цепи и обеспечивают независимость напряжения искрообразования от частоты вращения вала двигателя. Принципиальная схема конденсаторной системы зажигания показана на рис. 2.18. Как видно, новыми элементами по сравнению с классической системой зажигания являются преобразователь напряжения ПН, накопительный конденсатор С1, коммутатор S2 и схема управления СУ.

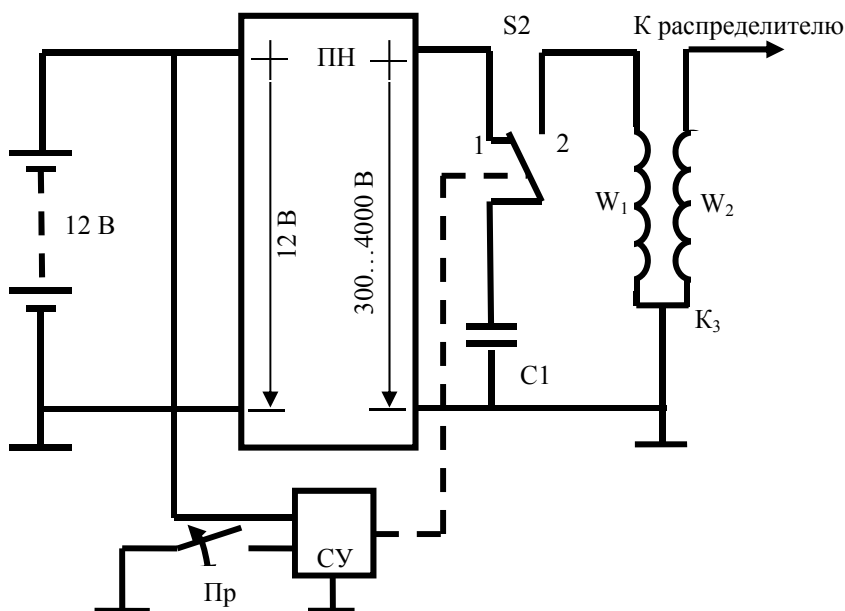


Рис. 2.18. Принципиальная схема конденсаторной системы зажигания с непрерывным накоплением энергии

Преобразователь преобразует напряжение АКБ 12 В в высокое напряжение 300–400 В. В накопительном конденсаторе накаплива-

ется энергия искрообразования. Коммутатор подключает накопительный конденсатор то к выходу преобразователя, то к первичной обмотке катушки зажигания. Схема управления управляет работой коммутатора. Назначение остальных элементов то же, что и в классической системе зажигания.

Система работает следующим образом. При вращении вала двигателя контакты прерывателя ПР попеременно размыкаются и замыкаются. При замыкании контактов сигнал от схемы управления устанавливает коммутатор в положение 1. На выходе преобразователя имеется высокое напряжение 300–400 В, до которого заряжается накопительный конденсатор.

В момент размыкания контактов прерывателя схема управления вырабатывает сигнал, который переключает коммутатор в положение 2. Заряженный до высокого напряжения накопительный конденсатор подключается к первичной обмотке ω_1 катушки зажигания КЗ. В контуре, образованном конденсатором и первичной обмоткой катушки зажигания, возникают затухающие синусоидальные колебания, амплитуда напряжения первой полуволны которых близка к напряжению заряда накопительного конденсатора. При этом во вторичной обмотке ω_2 катушки зажигания индуцируется высокое напряжение, достигающее 20 000–30 000 В.

Микропроцессорная система зажигания (рис. 2.19) предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя с установкой оптимального угла опережения зажигания для данного режима работы двигателя. С помощью микропроцессорной системы зажигания достигается более экономичная работа двигателя, при повышении его мощностных показателей исключается работа двигателя с детонацией и выполняются нормы по токсичности выхлопных газов. Эта система долговечнее и надежнее по сравнению с классической системой зажигания. В ней отсутствуют детали, подвергающиеся износу (кроме электродов свечей зажигания).

Микропроцессорный электронный блок управления (ЭБУ) зажиганием (контроллер) предназначен:

- для формирования импульсов электрического тока для работы катушек зажигания с оптимальным углом опережения зажигания;
- формирования импульсов электрического тока для работы электромагнитного клапана ЭПХХ;

- обеспечения работы всей системы в резервном режиме (в случае выхода из строя отдельных элементов системы);
- диагностики неисправностей системы.

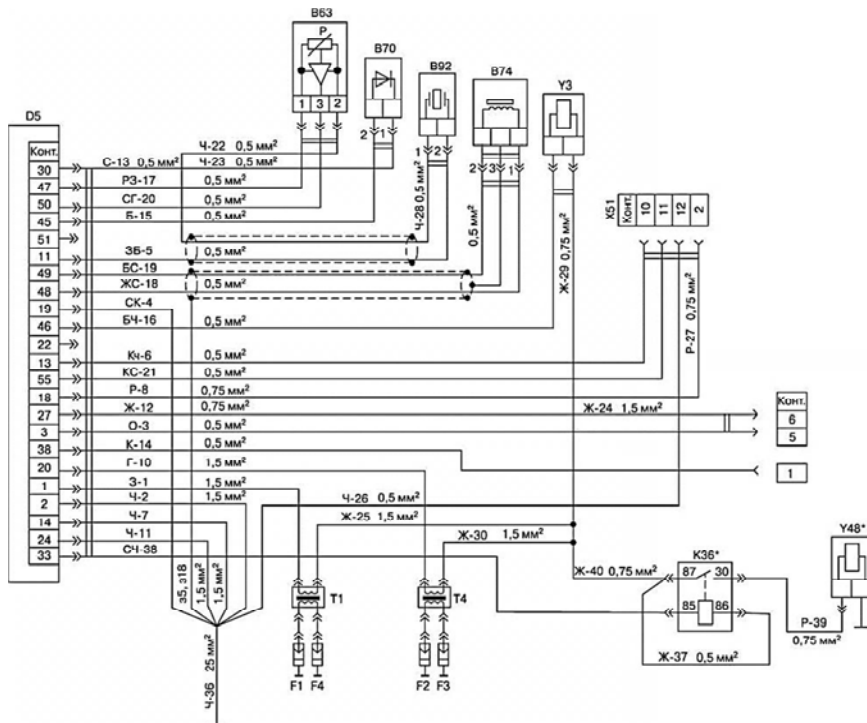


Рис. 2.19. Электрическая схема микропроцессорной системы зажигания Микас: B63 – датчик абсолютного давления; B70 – датчик температуры охлаждающей жидкости системы управления двигателем; B74 – датчик синхронизации; B92 – датчик детонации; D5 – блок управления системы зажигания; F1, F2, F3, F4 – свечи зажигания; T1, T4 – катушки зажигания; Y3 – электромагнитный клапан ЭПХХ; X2 – соединитель с бортсетью автомобиля; X51 – колодка диагностики; 1 – номера выводов. Условные обозначения цветов проводов: Б – белый; Г – голубой; Ж – желтый; З – зеленый; К – красный; Кч – коричневый; О – оранжевый; Р – розовый; С – серый; Ч – черный; Ф – фиолетовый; БС – бело-серый; БЧ – бело-черный; ЖС – желто-серый; ЗБ – зелено-белый; КС – красно-серый; СГ – серо-голубой; СК – серо-красный; РЗ – розово-зеленый. Часть проводов может иметь цифровую маркировку

Основной элемент электронного блока управления – микропроцессор, который производит все расчеты и выработку всех необходимых данных, обеспечивающих работу системы зажигания и ЭПХХ. Блок работает в комплекте со следующими датчиками и узлами:

- датчиком частоты вращения и положения коленчатого вала (датчиком синхронизации);
- датчиком абсолютного давления воздуха во впускном коллекторе двигателя;
- датчиком температуры двигателя;
- датчиком детонации;
- катушкой зажигания;
- электромагнитным клапаном ЭПХХ;
- контрольной лампой диагностики.

Принципы распределения высокого напряжения

В контактных и бесконтактных системах зажигания реализован динамический принцип распределения высокого напряжения. Высокое напряжение с катушки зажигания через механический распределитель подается на свечу определенного цилиндра. Механический распределитель имеет привод от распределительного вала. В таких системах используется одна катушка зажигания.

В электронной системе зажигания используется принцип статического распределения высокого напряжения, т. е. в системе отсутствуют подвижные детали. На современных автомобилях высокое напряжение с одной катушки зажигания подается одновременно в два цилиндра, поршни которых в данный момент движутся к верхней мертвой точке. В одном из цилиндров происходит такт сжатия смеси, во втором – такт выпуска. Такой принцип распределения высокого напряжения называется «методом холостой искры» (рис. 2.20).

Для реализации этого принципа на четырехцилиндровом двигателе требуются две катушки зажигания. Одновременно со сдвоенными катушками зажигания на современных двигателях также на каждый из цилиндров устанавливаются индивидуальные катушки зажигания (рис. 2.21).

Часто катушки зажигания и коммутаторы объединяют в один узел, который называется *модулем зажигания*. Модуль зажигания включает в себя две катушки зажигания и два высоковольтных коммутатора для четырехцилиндрового двигателя. Катушка зажигания служит для накопления энергии, достаточной для воспламенения топливовоздушной смеси, в ее вторичной цепи формируется высокое напряжение, которое далее подается на свечи зажигания.

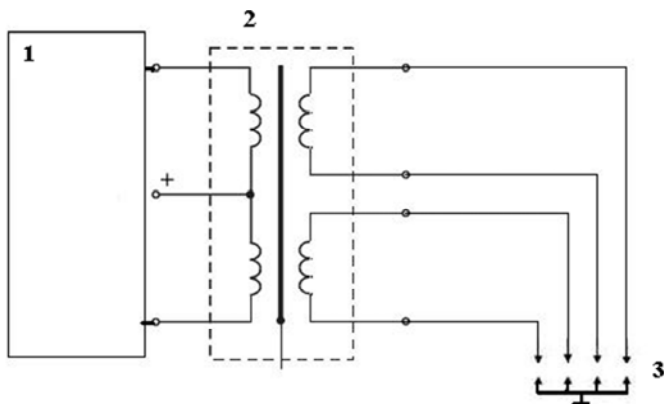


Рис. 2.20. Статическая система зажигания со сдвоенными катушками зажигания:
 1 – транзисторный коммутатор (усилитель); 2 – катушки зажигания;
 3 – свечи зажигания

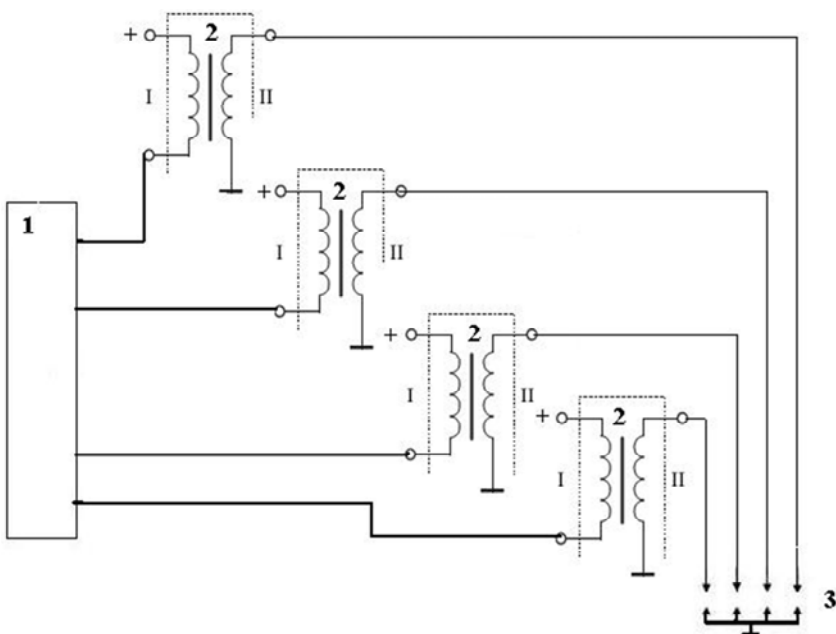


Рис. 2.21. Система зажигания с индивидуальными катушками зажигания:
 1 – транзисторный коммутатор (усилитель); 2 – катушки зажигания;
 3 – свечи зажигания; I – первичная обмотка; II – вторичная обмотка

Катушка зажигания состоит из двух индуктивно связанных обмоток (первичной и вторичной). Величина тока через первичную обмотку (зависит от длительности времени накопления) и индуктивность первичной обмотки определяют накопленную в магнитном поле энергию системы зажигания (более 40 мДж). В заданный момент времени (по команде контроллера) протекание тока через первичную обмотку прерывается, исчезает созданное им магнитное поле. При изменении магнитного потока, пронизывающего витки вторичной обмотки, в последней наводится электродвижущая сила индукции (ЭДС). Величина ЭДС зависит от накопленной энергии, коэффициента трансформации катушки зажигания (отношения количества витков во вторичной обмотке к количеству витков в первичной обмотке), от качества намотки катушек и пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Благодаря высокой скорости включения тока в первичной обмотке катушки зажигания, а следовательно, изменения магнитного потока, а также большому коэффициенту трансформации во вторичной обмотке наводится ЭДС выше 30 000 В. Контроллер рассчитывает необходимое время включенного состояния коммутатора в зависимости от текущих параметров работы системы: частоты вращения коленчатого вала, напряжения бортовой сети и т. д. В течение времени включенного состояния (времени накопления) ток в первичной обмотке катушки зажигания возрастает до заданного оптимального значения, при котором величина запасаемой энергии достигает максимума. Если время накопления слишком велико, то катушка зажигания будет работать с перенасыщением, что приведет к ее перегреву и снижению КПД.

При включении первичного тока во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется нежелательная ЭДС в диапазоне 1000–2000 В (напряжение включения). Но за счет высокого пробойного напряжения двух последовательно включенных свечей зажигания появление нежелательной искры подавляется без дополнительных мероприятий. В индивидуальных системах зажигания часто с целью предотвращения пробоя при включении коммутатора используются высоковольтные диоды, последовательно включенные в высоковольтную цепь.

Для качественной работы статических систем зажигания, особенно с индивидуальными катушками зажигания, необходимо располагать точными данными о частоте вращения и положении коленчатого

го вала. Эту функцию выполняет датчик положения коленчатого вала двигателя (ДПКВ). Для обеспечения оптимального управления двигателем контроллер системы управления всегда должен знать точное положение поршней в цилиндрах двигателя относительно ВМТ. Сигнал ДПКВ используется также для определения скорости вращения коленчатого вала и его ускорения, что требуется для определения положения всех поршней в любой момент с целью корректировок угла опережения зажигания и впрыска топлива. Особенностью систем с индивидуальными катушками зажигания является обязательное наличие датчика фаз, функцию которого выполняет датчик положения распределительного вала. Как правило, данный датчик построен на принципе работы датчика Холла.

Для корректировки угла опережения зажигания в зависимости от нагрузки на двигатель используется датчик абсолютного давления.

Корректировка зажигания выполняется не только на основании данных, полученных от датчика частоты вращения и положения коленчатого вала, распределительного вала, датчика абсолютного давления, но и от системы обратной связи, выполненной на датчике детонации (ДД). Конструктивно датчик детонации представляет собой акселерометр, т. е. пьезокерамический прибор, преобразующий энергию механических колебаний блока цилиндров двигателя в электрический сигнал.

Потенциометр октан-коррекции выдает сигнал корректировки угла опережения зажигания, который используется электронным блоком управления для выбора запаздывания момента зажигания, позволяющего применять топливо с низким октановым числом.

Неисправность систем зажигания составляет около 40 % всех неисправностей двигателя. Выявление причин неисправностей – очень сложный процесс. Одним из самых информативных способов диагностирования систем зажигания в целом является осциллографический способ. Для диагностирования производится осциллографирование первичной и вторичной цепи катушки зажигания в режиме работы двигателя, а затем сравнение с эталонной осциллограммой первичного и вторичного напряжения (рис. 2.22). Осциллограммы похожи, но осциллограмма вторичной цепи более информативна. Данная функция реализуется во всех мотор-тестерах.

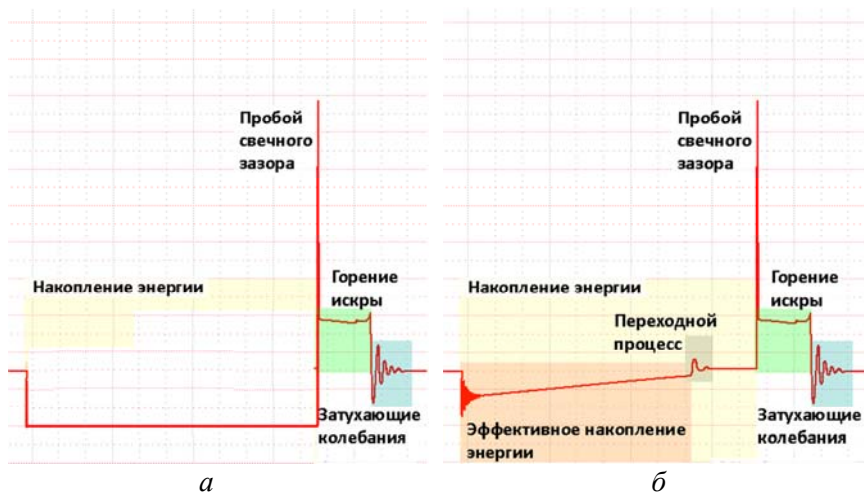


Рис. 2.22. Эталонные осциллограммы напряжения:
а – в первичной цепи; *б* – во вторичной цепи катушки зажигания

Ниже приведены варианты неисправностей системы зажигания (рис. 2.23–2.27).

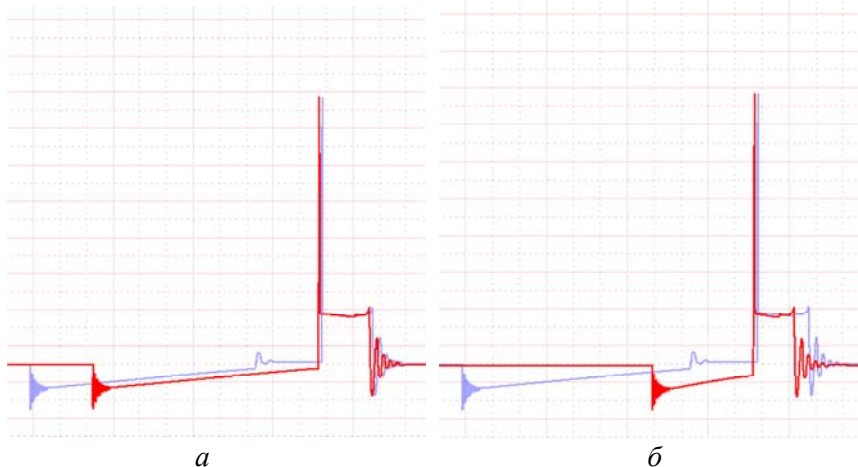


Рис. 2.23. Осциллограммы напряжения во вторичной цепи катушки зажигания с уменьшенным временем накопления энергии в катушке зажигания (увеличен зазор между контактами прерывателя):

а – некритичное уменьшение, достаточное для накопления магнитной энергии;
б – критичное уменьшение, недостаточное для накопления магнитной энергии

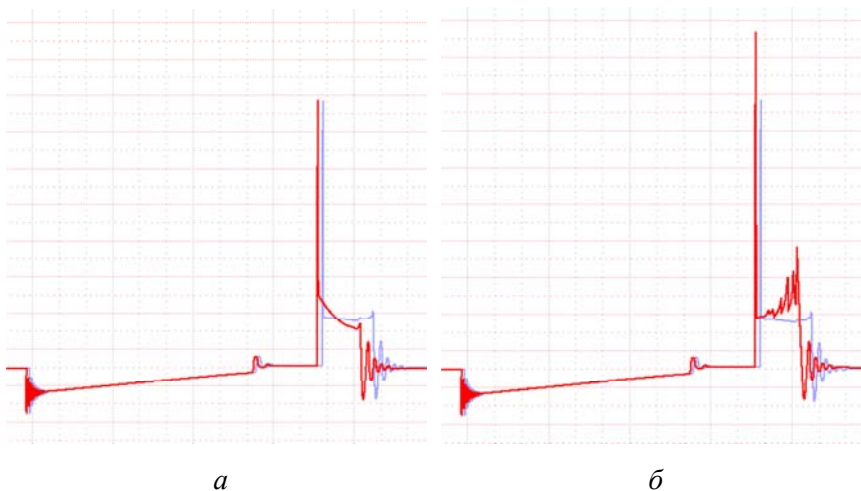


Рис. 2.24. Осциллограммы напряжения вторичной цепи катушки зажигания:
а – при увеличенном сопротивлении высоковольтного провода; *б* – при увеличенном зазоре в свече зажигания, распределителе или обрыве высоковольтного провода

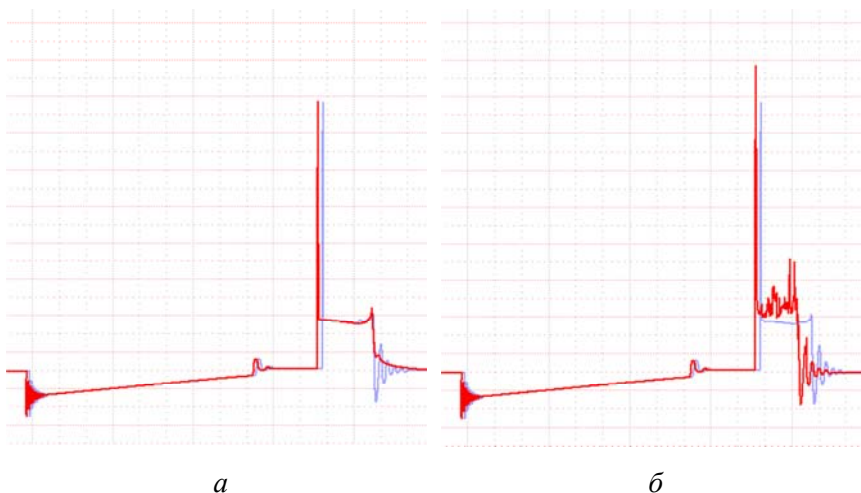


Рис. 2.25. Осциллограммы напряжения вторичной цепи катушки зажигания:
а – при неисправности катушки зажигания, при этом возможно уменьшение амплитуды высоковольтного напряжения; *б* – при загрязненных электродах в свече зажигания

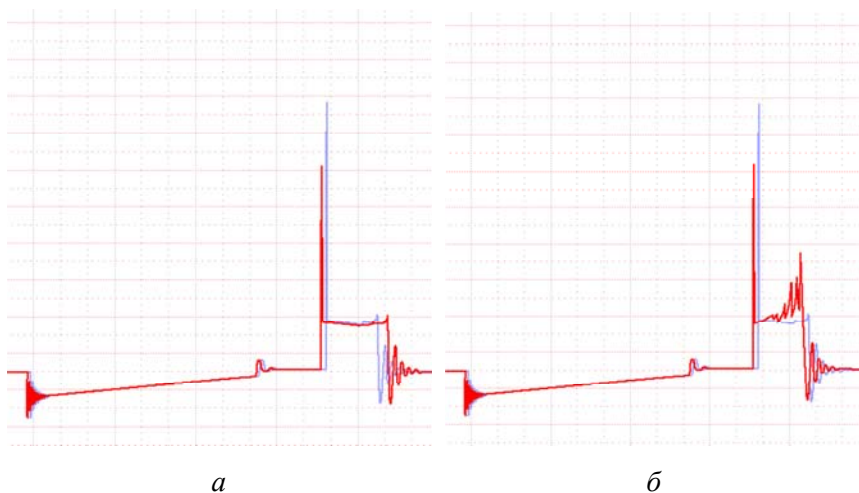


Рис. 2.26. Осциллограммы напряжения вторичной цепи катушки зажигания при уменьшенном зазоре в свече зажигания при работе системы:
а – с нормальной и *б* – с обогащенной топливовоздушной смесью

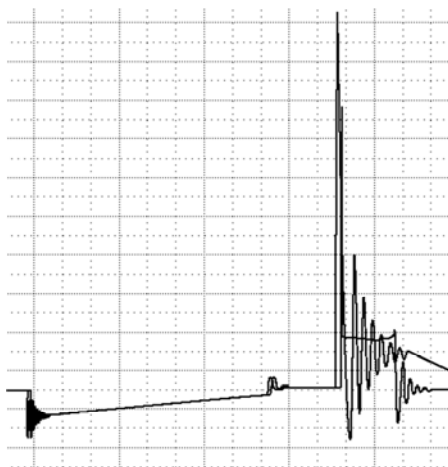


Рис. 2.27. Осциллограмма напряжения вторичной цепи катушки зажигания при полном обрыве высоковольтных проводов, отсутствии или неисправности ротора или токоразносной пластины или помехоподавительного резистора

Выполнение работы

Меры безопасности при работе на стенде СПЗ-8М

К работе на стенде допускаются лица, изучившие методические указания к выполнению работы, прошедшие инструктаж и ознакомленные с особенностями работы стенда. Перед выполнением работы необходимо изучить устройство приборов и аппаратов, принцип действия классической (батарейной) и контактно-транзисторной системы зажигания, ознакомиться с устройством и работой контрольно-испытательного стенда модели СПЗ-8М.

Стенд всегда должен иметь исправное заземление, т. е. быть надежно подключен к общему заземляющему контуру. Не допускается работать на стенде при открытых стенках. При испытании прерывателей-распределителей особо следить за установкой ротора и крышки распределителя. Не допускать вращения в направлении и со скоростью, по техническим условиям не соответствующей данному прерывателю-распределителю.

Работа включает проверку исправности прерывателя-распределителя, катушки зажигания, конденсатора, свечей зажигания. Работу по проверке неисправности приборов системы зажигания и аппаратов следует выполнять в следующей последовательности:

- подготовить журнал наблюдений по форме табл. 2.6. Данные технических условий взять из прил. 2;
- определить тип, направление вращения (на корпусе) и технические характеристики прерывателя-распределителя, катушки зажигания, конденсатора и занести в журнал испытаний;
- произвести проверку параметров:
- проверить:
- угол замкнутого состояния контактов прерывателя;
- угол чередования искрообразования;
- угол опережения зажигания с изменением частоты вращения вала прерывателя (центробежный регулятор);
- угол опережения зажигания с изменением нагрузки на двигатель (вакуумный регулятор);
- состояние изоляции распределителя и катушки зажигания;
- работоспособность первичной и вторичной цепи и системы в целом;

- состояние и емкость конденсатора;
- состояние свечей зажигания.

Полученные значения параметров занести в журнал наблюдений.

Таблица 2.6

Журнал наблюдений при испытаниях

Показатели	Напряжение АКБ, не менее, В	Зазор между контактами, мм	Сопротивление перехода контактов прерывателя, Ом	Угол замкнутого состояния контактов, град.	Чередование искробраз, град.	Регулировка опережения зажигания		Герметичность вакуумного регулятора	Состояние изоляции катушки зажигания	Сопротивление первичной обмотки катушки зажигания, Ом	Сопротивление вторичной обмотки катушки зажигания, Ом	Максимальная скорость вращения искробразования, мин ⁻¹	Емкость конденсатора, мкф	Примечание
						Центробежный регулятор, град./мин ⁻¹	Вакуумный регулятор град./атм.							
По техническим условиям														
По результатам испытаний														

Подготовка стенда модели СПЗ-8М к работе

После ознакомления с приборами и рукоятками управления стенда, показанными на рис. 2.28, их установить в исходное положение:

- переключатель 2 электродвигателя перевести в положение «ВЫКЛ»;
- тумблер 3 перевести в положение «РАБОТА»;
- переключатель 14 перевести в положение «СОПР. КОНТАКТА»;
- тумблер 17 включения стенда перевести в положение «ВЫКЛ»;
- рукоятку управления электродвигателем 1 повернуть влево до упора;
- прерыватель-распределитель установить в патрон держателя 21, а его валик соединить с промежуточной муфтой 24, установленной на оси синхроскопа, и закрепить винтом 22;

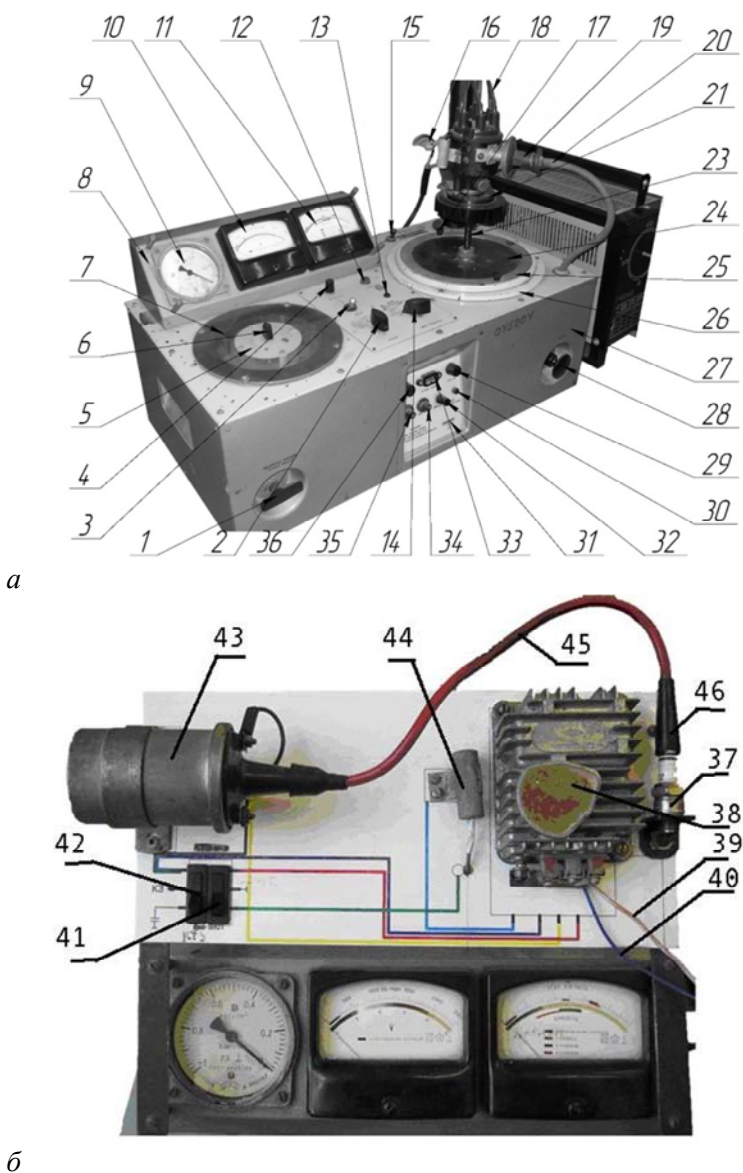


Рис. 2.28. Стенд СПЗ-8М:
а – расположение органов управления;
б – приставка к стенду контактно-транзисторной системы зажигания

- провод 39 розового цвета подключить к зажиму прерывателя, а провод 40 синего цвета – к корпусу прерывателя-распределителя;
- переключатели систем 41 и 42 перевести в положение «КОНТАКТНАЯ» вверх;
- включить кабель питания стенда в сеть 220 В. Подключить зажимы к клеммам аккумуляторной батареи. Главный (правый) движок автоматического выключателя аккумуляторной батареи перевести в положение «ВКЛ» (вверх);
- тумблер 17 включения стенда перевести в положение «ВКЛ», при этом должна загореться сигнальная лампа 15, а комбинированный прибор 10 будет регистрировать напряжение батарей (по нижней шкале);
- полученное значение напряжения занести в журнал наблюдений;
- сделать заключение о подготовке к работе и возможности дальнейших проверок.

Определение зазора и сопротивления перехода контактов прерывателя

1. Снять крышку и ротор распределителя.
2. Тумблер 17 перевести в положение «ВЫКЛ».
3. Проверить зазор между контактами прерывателя, после чего полученное значение занести в журнал наблюдений.
4. Тумблер 17 перевести в положение «ВКЛ».
5. Повернуть рукой диск 25 синхроскопа до момента замыкания контактов прерывателя, при этом стрелка комбинированного прибора 11 должна отклониться влево.
6. Тумблер 3 перевести в положение «КАЛИБРОВКА» и ручкой 12 установить стрелку прибора 11 на крайнее правое деление шкалы.
7. Тумблер 3 установить в положение «РАБОТА» и считать показания прибора 11 (значение сопротивления составляет 0,1 Ом на одно деление).
8. Данные занести в таблицу журнала наблюдений.
9. Результаты сравнить с техническими условиями. По техническим условиям сопротивление должно быть не более 0,5 Ом, что соответствует расположению стрелки прибора в пределах черной зоны шкалы.
10. Сделать заключение о сопротивлении контактов. При увеличенном сопротивлении следует зачистить контакты прерывателя абразивным материалом.

Проверка угла замкнутого состояния контактов прерывателя

1. Переключатель *14* установить (см. рис. 2.28) в положение «УГОЛ КОНТАКТА».
2. Тумблер *3* перевести в положение «КАЛИБРОВКА» и ручкой *12* установить стрелку прибора *11* на крайнее правое деление шкалы.
3. Тумблер *3* установить в положение «РАБОТА».
4. Изучить шкалы приборов *10* и *11* (одно деление шкалы прибора *11* составляет 1 градус).
5. Переключатель *2* электродвигателя перевести в положение «ВПРАВО» или «ВЛЕВО» в зависимости от направления вращения проверяемого прерывателя-распределителя (направление указано на корпусе распределителя).
6. Вращением рукоятки *1* управления электродвигателем установить частоту вращения 1500 мин^{-1} , контролируя ее по тахометру прибора *10*, и снять показания прибора *11*.
7. Вращением рукоятки *1* управления электродвигателем влево снизить частоту вращения до 0.
8. Данные занести в журнал наблюдений.
9. Результаты сравнить с техническими условиями.
10. Сделать заключение о состоянии угла замкнутого состояния контактов.

Если угол замкнутого состояния контактов не соответствует ТУ, требуется произвести регулировку зазора между контактами прерывателя.

Проверка угла чередования искрообразования

1. Переключатель *14* установить (рис. 2.28) в положение «УГОЛ ИСКРООБРАЗ.»;
2. Рукоятку управления частотой вращения установить на $50\text{--}100 \text{ мин}^{-1}$.
3. Шкалу *26* синхроскопа сдвинуть до момента совпадения светящейся риски диска *25* с нулевым делением шкалы.
4. По остальным светящимся рискам определить угол чередования искрообразования. В зависимости от количества кулачков угол чередования искрообразования определяется как отношение полно-

го оборота к количеству кулачков (цилиндров): для четырех кулачков 90° , для шести 60° и для восьми 45° . Допускается отклонение не более $\pm 2^\circ$ во всех точках искрообразования.

5. Вращением влево рукоятки *1* управления электродвигателем снизить частоту вращения до 0 мин^{-1} .

6. Данные занести в журнал наблюдений.

7. Результаты сравнить с техническими условиями (прил. 2).

8. Сделать заключение о состоянии кулачков и вала.

Проверка центробежного регулятора опережения зажигания

1. Переключатель *14* (см. рис. 2.28) оставить в положении «УГОЛ ИСКРООБРАЗ.», а при помощи рукоятки *1* подобрать такую скорость вращения вала электродвигателя, при которой начинают смещаться светящиеся риски на диске *26* синхроскопа (смещение не более 1°).

2. Шкалу *26* синхроскопа сдвинуть до момента совпадения светящейся риски диска *25* с нулевым делением шкалы *26*.

3. Полученное значение занести в первую ячейку табл. 2.7 (для прерывателя Р-20 значение соответствует $n = 125 \text{ мин}^{-1}$).

Таблица 2.7

Зависимость УОЗ (смещения светящейся риски)
от частоты вращения вала

Частота вращения $n, \text{ мин}^{-1}$									
УОЗ, градус									

4. Частоту вращения последовательно увеличивать на 125 мин^{-1} до n_{max} (в соответствии с техническими характеристиками прерывателя), замерить угол сдвига риски и полученное значение угла опережения зажигания (УОЗ) занести в табл. 2.7.

5. Вращением рукоятки *1* управления электродвигателем снизить частоту вращения до 0.

6. По результатам табл. 2.7 построить график зависимости УОЗ от частоты вращения вала привода.

7. Из графика выбрать характерный диапазон работы центробежного регулятора и данные занести в табл. 2.6 журнала наблюдений.

8. Результаты сравнить с техническими условиями.

9. Сделать заключение о работе центробежного регулятора.

Проверка герметичности и работы вакуумного регулятора опережения зажигания

Перед выполнением проверки зажим 20 (см. рис. 2.28) шланга вакуумного насоса стенда необходимо соединить со штуцером 19 вакуумного регулятора проверяемого прерывателя-распределителя.

Проверка герметичности:

- рукояткой 29 привода вакуумного насоса создать разрежение 0,33–0,37 кгс/см² (250–280 мм рт. ст.);

- величину разрежения контролировать по вакуумметру 9. Падение разрежения на 0,1 кгс/см² в течение 1 мин не допускается;

- после проверки необходимо на несколько секунд отсоединить шланг 20 штуцера 19 и снова присоединить.

Проверка работы:

- рукояткой 1 управления электродвигателем установить частоту вращения вала прерывателя 250 мин⁻¹;

- рукояткой 29 привода вакуумного насоса плавно создать разрежение до начала смещения светящейся риски на диске 26 синхроскопа (смещение не более 1°);

- шкалу 26 синхроскопа сдвинуть до момента совпадения светящейся риски диска 25 с нулевым делением шкалы 26;

- измерить разрежение и полученное значение занести в первую ячейку табл. 2.8 (угол при этом равен 0°);

- рукояткой 29 привода вакуумного насоса плавно увеличивать разрежение, регистрируемое вакуумметром 9, с шагом 0,05 кгс/см²;

- результаты измерений занести в табл. 2.8;

- ручку 1 перевести в крайнее левое положение, а переключатель электродвигателя 2 – в положение «ВЫКЛ»;

- по результатам таблицы построить график зависимости УОЗ от разрежения;

- из графика выбрать характерный диапазон работы вакуумного регулятора и данные занести в табл. 2.6;
- результаты сравнить с техническими условиями;
- сделать заключение по герметичности и работе вакуумного регулятора.

Таблица 2.8

Зависимость УОЗ (угла поворота светящейся риски)
от разрежения

Величина разрежения, кгс/см ²									
Сдвиг рис-ки УОЗ, °									

Проверка состояния изоляции распределителя

1. На вал прерывателя-распределителя надеть бегунок распределителя (см. рис. 2.28), закрыть его крышкой и высоковольтные провода 18 вставить в гнезда крышки распределителя, а средний провод соединить с центральным гнездом крышки.

2. Переключатель вида проверки 14 перевести в положение «СОСТОЯНИЕ ИЗОЛ. РАСПРЕД.».

3. Ручкой 6 искроразрядника 7 установить искровой промежуток 7 мм.

4. Переключатель 2 установить в положение «ВПРАВО» или «ВЛЕВО», в зависимости от направления вращения прерывателя распределителя.

5. Рукояткой 1 управления электродвигателем установить максимальную скорость вращения, соответствующую характеристике прерывателя-распределителя.

6. По искроразряднику определить качество искрообразования.

7. Ручку 1 перевести в крайнее левое положение, а переключатель электродвигателя 2 – в положение «ВЫКЛ.».

8. Результаты занести в табл. 2.6 и сравнить с техническими условиями.

9. Сделать заключение о состоянии изоляции распределителя.

Распределитель должен обеспечивать бесперебойное искрообразование на разрядниках с искровым промежутком 7 мм при максимальной скорости вращения для данного распределения.

Подготовка осциллографа С1-102 к работе

Осциллограф предназначен для изучения электрических процессов с возможностью измерения длительности и амплитуды сигнала. В данной работе с помощью осциллографа требуется оценить функционирование системы зажигания. Основные элементы осциллографа представлены на рис. 2.29.

Подготовку осциллографа к работе произвести следующим образом:

- проверить наличие подключения вывода 42 «⊥» к заземляющему проводу аудитории;
- кнопку 1 «ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ СЕТЬ» перевести в положение «ВЫКЛ.»;
- вилку осциллографа включить в сеть переменного тока 220 В;
- переключатель 24 «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ У1» установить в положение «20»;
- кнопку 25 «ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ V, mV У1» перевести в отжатое состояние «V»;
- переключатель 17 развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ» установить в положение «2»;
- кнопку 18 развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ ms, μ s» перевести в отжатое состояние «ms»;
- нажать кнопку 6 включения синхронизации по каналу «У1»;
- кнопку 21 развертки «АВТОМАТИЧЕСКАЯ/ЖДУЩАЯ» перевести в режим «АВТОМАТИЧЕСКАЯ»;
- с помощью ручек «ЯРКОСТЬ» 12 и «ФОКУС» 13 на экране 7 установить наилучшие показатели линии развертки;
- с помощью ручек 38 регулировки «по горизонтали $\leftrightarrow$ » и 39 регулировки «по вертикали У1 $\updownarrow$ » по центру экрана необходимо установить линию, если луч не найден, можно воспользоваться кнопкой 8 «Поиск луча»;
- с помощью кнопки 10 растяжка «Х1» подобрать лучшую ширину изображения;
- кабель со щупами подключить к разъему 43 подключения первого канала «У1 80Vmax»;
- отжать кнопку 19 развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ $\sim$, $\approx$ »;
- отжать кнопку 20 развертки «НАРАСТАНИЕ/СПАД»;

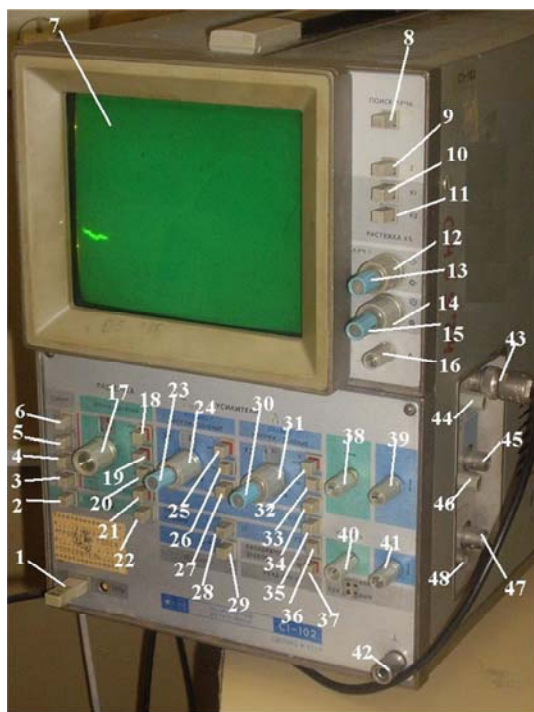


Рис. 2.29. Осциллограф
С1-102:

1 – кнопка питания; 2 – кнопка проверки готовности; 3 – кнопка включения внешней синхронизации; 4 – кнопка включения синхронизации с сетью; 5 – кнопка включения синхронизации по каналу «У2»; 6 – кнопка включения синхронизации по каналу «У1»; 7 – экран; 8 – кнопка «ПОИСК ЛУЧА»; 9 – кнопка «РАСТЯЖКА Z»; 10 – растяжка «X1»; 11 – растяжка «X2»; 12 – ручка «ЯРКОСТЬ ЛУЧ 1 ☼»; 13 – ручка «ФОКУС ЛУЧ 1 ○»; 14 – ручка «ЯРКОСТЬ ЛУЧ 2 ☼»; 15 – ручка «ФОКУС ЛУЧ 2 ○»; 16 – ручка «ЯРКОСТЬ ПОДСВЕТКИ»; 17 – переключатель развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ»; 18 – кнопка развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ ms, μ s»; 19 – кнопка развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ $\sim$, $\approx$ »; 20 – кнопка развертки «НАРАСТАНИЕ/СПАД»; 21 – кнопка развертки «АВТОМАТИЧЕСКАЯ/ЖДУЩАЯ»; 22 – кнопка включения «ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ $1^x/0 - 100$ кГц»; 23 – ручка регулятора усиления «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ ПЛАВНО U1»; 24 – переключатель «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ V, mV U1»; 25 – кнопка «ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ $\sim$, $\approx$ »; 26 – кнопка «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ V, mV U1»; 27 – кнопка «ЗАМЫКАНИЕ НА МАССУ $\perp$ U1»; 28 – кнопка включения «ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ $1^x/0 - 100$ кГц канала U1»; 29 – кнопка включения синхронизации развертки первого канала по сигналу второго канала «U2 $\rightarrow$ X1»; 30 – ручка регулятора усиления «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ ПЛАВНО U2»; 31 – переключатель «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ V, mV U2»; 32 – кнопка «ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ V, mV U2»; 33 – кнопка «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ $\sim$, $\approx$ U2»; 34 – кнопка «ЗАМЫКАНИЕ НА МАССУ $\perp$ U2»; 35 – кнопка «СОВМЕЩЕНИЕ U1-U2»; 36 – кнопка включения «ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ $1^x/0 - 100$ кГц канала U2»; 37 – кнопка «КАЛИБРАТОР 2F СЕТИ»; 38 – ручка регулировки «ПО ГОРИЗОНТАЛИ $\leftrightarrow$ »; 39 – ручка регулировки «ПО ВЕРТИКАЛИ U1 $\updownarrow$ »; 40 – ручка регулировки «УРОВЕНЬ»; 41 – ручка регулировки «ПО ВЕРТИКАЛИ U2 $\updownarrow$ »; 42 – вывод заземление « $\perp$ »; 43 – разъем подключения первого канала «U1 80Vmax»; 44 – ручка регулировки «U1 БАЛАНС»; 45 – разъем подключения второго канала «U2 80Vmax»; 46 – ручка регулировки «U2 БАЛАНС»; 47 – разъем подключения входа внешней синхронизации «Z»; 48 – выходной разъем «СИНХР.» для внешней синхронизации

- отжать кнопку 22 включения «ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ 0 – 100 кГц»;
- ручку 23 регулятора усиления «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ ПЛАВНО У1» повернуть вправо до упора;
- отжать кнопку 26 «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ $\sim, \approx$ »;
- отжать кнопку 27 «ЗАМЫКАНИЕ НА МАССУ $\perp$ У1»;
- отжать кнопку 28 включения «ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ $1^\times/0$ – 100 кГц канала У1»;
- отжать кнопку 29 включения синхронизации развертки первого канала по сигналу второго канала «У2 $\rightarrow$ Х1»;
- нажать кнопку 34 «замыкание на массу $\perp$ У2»;
- щупы подключить к калибратору и откалибровать показания с помощью нажатия кнопки 37 «КАЛИБРАТОР 2F СЕТИ » и ручки 23 регулятора усиления «НАПРЯЖЕНИЕ/ДЕЛЕНИЕ ПЛАВНО У1» (при необходимости можно воспользоваться ручкой 44 регулировки «У1 БАЛАНС» и ручкой 40 регулировки «УРОВЕНЬ»;
- отключить кнопку «КАЛИБРАТОР» и щупы отсоединить от калибратора.

Проверка работы системы зажигания осциллографическим методом в первичной цепи

1. Подключить щупы к корпусу прерывателя и выводу прерывателя.
2. Переключатель вида проверки стенда 14 (см. рис. 2.28) перевести в положение «СОСТОЯНИЕ ИЗОЛ. РАСПРЕД.».
3. Ручкой 6 искроразрядника 7 установить искровой промежуток 7 мм.
4. Переключатель 2 установить в положение «ВПРАВО» или «ВЛЕВО», в зависимости от направления вращения прерывателя распределителя.
5. Рукояткой 1 управления электродвигателем установить частоту вращения прерывателя-распределителя 400 мин^{-1} .
6. Установить устойчивое изображение осциллограммы отжав кнопку «ЖДУЩ.» и регулируя ручкой «УРОВЕНЬ».
7. Занести в отчет форму осциллограммы с характерными значениями.

8. Ручку 1 перевести в крайнее левое положение, а переключатель 2 электродвигателя – в положение «ВЫКЛ».

9. Полученную осциллограмму низковольтной части сравнить с эталонной.

10. Сделать заключение о работоспособности низковольтной части и системы в целом.

Проверка работы системы зажигания осциллографическим методом во вторичной цепи

1. Подключить щупы к корпусу прерывателя и емкостному датчику, подключенному к центральному выводу распределителя зажигания (см. рис. 2.28).

2. Переключатель вида проверки стенда 14 перевести в положение «СОСТОЯНИЕ ИЗОЛ. РАСПРЕД.».

3. Ручкой 6 искроразрядника 7 установить искровой промежуток 7 мм.

4. Переключатель 2 установить в положение «ВПРАВО» или «ВЛЕВО», в зависимости от направления вращения прерывателя распределителя.

5. Рукояткой 1 управления электродвигателем установить частоту вращения прерывателя-распределителя 400 мин^{-1} .

6. Установить устойчивое изображение осциллограммы, отжав кнопку «ЖДУЩ.» и регулируя ручкой «УРОВЕНЬ».

7. Форму осциллограммы с характерными значениями занести в отчет.

8. Ручку 1 перевести в крайнее левое положение, а переключатель электродвигателя 2 – в положение «ВЫКЛ».

9. Полученную осциллограмму вторичного напряжения сравнить с эталонной.

10. Сделать заключение о работоспособности высоковольтной части и системы в целом.

Проверка работоспособности контактно-транзисторной системы зажигания осциллографическим методом

1. Переключатель питания 41 «КОНТАКТНАЯ/КТЗ» и переключатель конденсатора 42 «КОНТАКТНАЯ/КТЗ» перевести в положение КТЗ (в соответствии с рис. 2.28).

2. Проверки выполнить в соответствии с приведенными ранее пунктами. Отличие заключается в подключении щупов осциллографа:

при проверке первичной цепи щуп от контакта прерывателя подключить на вывод катушки 3;

при проверке вторичной цепи емкостный датчик перенести на высоковольтный провод катушки зажигания 45.

Проверка состояния конденсатора

1. Вывод конденсатора системы зажигания отсоединить от вывода прерывателя распределителя и с помощью дополнительного проводника присоединить к выводу 35 «Конденсатор» стенда (см. рис. 2.28).

2. Переключатель вида проверки 14 перевести в положение «ПРОВ. КОНДЕНСАТ.».

3. Тумблер 3 перевести в положение «КАЛИБРОВКА» и ручкой 12 стрелку прибора 11 установить на крайнее правое деление шкалы.

4. Тумблер 3 установить в положение «РАБОТА».

5. Изучить шкалы приборов 11 (одно деление шкалы составляет 0,01 мкФ).

6. Данные занести в журнал наблюдений.

7. Результаты сравнить с техническими условиями.

8. Сделать заключение о емкости и состоянии конденсатора.

Проверка работы катушки зажигания

1. Зажимы проверяемой катушки подключить проводами к штепсельной розетке 34.

2. Центральный вывод катушки соединить высоковольтным проводом с центральным выводом крышки прерывателя-распределителя.

3. Далее выполнить пункт проверки «Проверка состояния изоляции распределителя».

4. Сделать заключение о состоянии катушки зажигания.

Катушка зажигания считается исправной, если искрообразование в разряднике будет бесперебойным. В случае нарушения работы следует произвести поэлементную проверку катушки зажигания с проверкой сопротивления индуктивности и емкости. Технические условия приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Технические условия для проверки катушки зажигания

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

После выполнения работы тумблер стенда перевести в положение «ВЫКЛ», отключить вилку из розетки сети 220 В, отключить выключатель автомата и клеммы от аккумуляторной батареи.

После проверки первичной и вторичной обмотки сделать заключение об исправности катушки зажигания.

Проверка работы свечей зажигания

Являясь важным элементом системы зажигания, свеча при проведении диагностических работ требует к себе особого внимания.

Визуальный контроль

1. Необходимо убедиться в отсутствии механических разрушений: трещин, деформаций, сколов, затем сравнить состояние тепловых конусов, оценить количество сажи, нагара. Если же свеча одного из цилиндров явно покрыта нагаром больше остальных, это – повод к дальнейшему поиску проблемы в данном цилиндре. Сажа на тепловом конусе наблюдается только в случае нарушения нормальной топливоподачи либо в том случае, когда двигатель не успел

проработать достаточное время после холодного запуска. Наличие масляного нагара на свечах говорит о необходимости ремонта двигателя, такие свечи не в состоянии обеспечить надежное воспламенение топливовоздушной смеси и подлежат замене.

2. Проверить изоляторы свечей на наличие следов высоковольтного пробоя изоляторов. Они представляют собой дорожки черного цвета и фактически являются разрушением покрывающей изолятор глазури.

3. Проверить сопротивление встроенных резисторов. Большинство современных свечей зажигания содержат встроенный резистор, предназначенный для подавления радиопомех, возникающих при работе системы зажигания. Проверка встроенного резистора осуществляется электрическим тестером (мультиметром). Для ее выполнения щупы тестера необходимо подключить к кончику центрального электрода и высоковольтному контакту. Сопротивление должно соответствовать справочным данным. В случае значительного отклонения свеча подлежит замене.

Проверка искрового зазора

В процессе эксплуатации искровой зазор свечи вследствие эрозийного разрушения электродов увеличивается. Увеличение зазора приводит к росту пробивного напряжения, соответственно вследствие высоковольтного пробоя растет вероятность выхода из строя элементов системы зажигания. Зазор не регулируется на многоэлектродных свечах, а также свечах с тонкими электродами из сплавов благородных металлов. Необходимый рабочий зазор можно определить, воспользовавшись базами данных либо справочной литературой.

Измерение зазора производится с помощью специального щупа или набора щупов. При необходимости зазор регулируется путем подгибания бокового электрода.

Проверка свечей на приборе Э203П

Определить пригодность свечи к дальнейшей эксплуатации можно с применением специальных диагностических приборов. Такие приборы дают возможность визуально наблюдать процесс искрообразования. При этом свеча находится под давлением, соответству-

ющем рабочему давлению в цилиндре. Существует несколько моделей таких устройств. Широко распространенный прибор Э203П представлен на рис. 2.30.

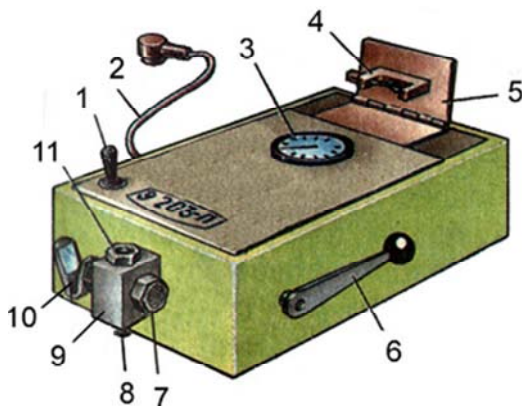


Рис. 2.30. Прибор для проверки свечей зажигания Э203П

Прибор содержит встроенный ручной насос *б* для создания давления и манометр *3* для его контроля. Кроме этого, имеется генератор, формирующий высоковольтные импульсы для подачи их на исследуемую свечу зажигания. Сама свеча заворачивается с резиновым уплотнителем *11* в специальную камеру *9*, снабженную смотровыми окнами *7* и зеркалом *10*. В камеру подается давление, создаваемое ручным насосом.

Оценку состояния свечи произвести следующим образом:

установить свечу в прибор, надеть на нее высоковольтный провод *2* и включить тумблер *1*;

в камере ручным насосом создать давление для бесперебойной работы свечи в соответствии с табл. 2.10, контролируя при этом процесс искрообразования визуально.

Зеркало позволяет наблюдать процесс одновременно с двух сторон. На исправной свече процесс пробоя должен происходить строго между центральным и боковым электродами свечи. Недопустимо возникновение поверхностного пробоя по тепловому конусу, пробоя внутри свечи либо полное отсутствие пробоя. Недопустимы и перебои в процессе искрообразования, наблюдаемые визуально

и даже на слух. Если пробой происходит не внутри измерительной камеры, а между высоковольтным наконечником и корпусом прибора, то свеча неисправна. Такое явление означает, что пробой искрового промежутка под давлением сильно затруднен. Свеча считается качественной, если устойчивое искрообразование происходит при зазоре 1,0 мм и давлении 5 атм.

Таблица 2.10

Определение давления проверки в зависимости от зазора
между электродами свечи

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

После выполнения работы сделать заключение об исправности свечей зажигания.

Вывод по работе выполняется по результатам сравнения параметров с техническими условиями по всем видам проверок.

Контрольные вопросы

1. Что такое угол опережения зажигания и как он изменяется в зависимости от режима работы двигателя?
2. Как и почему при увеличении числа цилиндров двигателя изменяется рабочая характеристика батарейной системы зажигания?
3. Конструктивные особенности, основные технические характеристики и маркировка свечей зажигания.
4. Назначение и работа дополнительного сопротивления.
5. Принцип действия и устройство контактно-транзисторной системы зажигания. Ее преимущества и недостатки.
6. Принцип действия системы зажигания с бесконтактным управлением.
7. Конструктивные особенности конденсаторных систем зажигания.

Литература

1. Чижков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей : учеб. для вузов / Ю. П. Чижков, А. В. Акимов. – М. : Транспорт: За рулем, 2000.
2. Тимофеев, Ю. Л. Электрооборудование автомобилей. Неисправности и техническое обслуживание / Ю. Л. Тимофеев, Н. М. Ильин. – М. : Транспорт, 1981.
3. Чижков, Ю. П. Электростартерный пуск автотракторных двигателей / Ю. П. Чижков, С. М. Квайт, Н. Н. Сметнев. – М. : Машиностроение, 1985.
4. Ютт, В. Е. Электрооборудование автомобилей / В. Е. Ютт. – М. : Транспорт, 2000.
5. Ильин, Н. М. Электрооборудование автомобилей / Н. М. Ильин. – М. : Транспорт, 1995.
6. Данов, Б. А. Электронные приборы автомобилей / Б. А. Данов, В. Д. Рогачев. – М. : Транспорт, 1984.
7. Синельников А. Х. Электроника в автомобиле / А. Х. Синельников. – М. : Радио и связь, 1985.
8. Ашанин, В. Н. Сервисное обслуживание электрооборудования автомобилей на автотранспортных предприятиях : учебное пособие / В. Н. Ашанин, А. В. Поликанов, А. Н. Морунков. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. – 132 с.
9. Савич, Е. Л. Легковые автомобили : учебное пособие / Е. Л. Савич. – М. : Новое знание; Минск : Новое знание, 2009. – 651 с.; ил. – Техническое образование.
10. Савич, Е. Л. Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей / Е. Л. Савич, М. М. Болбас, В. К. Ярошевич ; под общ. ред. Е. Л. Савича. – Минск : Вышэйшая школа, 2001.
11. Росс, Твег. Системы зажигания / Твег Росс. – М. : За рулем, 1998.

ПРИЛОЖЕНИЯ **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Параметры электрических стартеров

Тип	Номинальное напряжение, В	Мощность, кВт, при питании от аккумуляторной батареи емкостью, А·ч	Холостой ход			Полное торможение			Шестерня привода			Масса, кг	Устанавливается на автомобиль
			Сила тока, А, не более	Напряжение, В, не более	Частота вращения, мин ⁻¹ , не более	Тормозной момент, Н·м, ± 10 %	Сила тока, А, не более	Напряжение, В, не более	Число зубьев	Модуль	Угол зацепления, град		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
СТ103	24	5,2–165	110	24	5000	60	825	16,0	11	4,25	20	34,5	С двигателями ЯМЗ-236, -238
СТ130-А3	12	1,8–90	90	12	3400	22	700	8,0	9	3,0	20	12,5	ЗИЛ-130 «Урал-377»
СТ230-А	12	1,3–75	85	12	4000	22,5	530	7,0	9	2,5	15	12,5	ГАЗ-66 ПАЗ-672
СТ221	12	1,3–55	35	11,5	5000	14	500	6,5	11	2,116	20	8,5	ВАЗ
СТ142	24	7,8–190	130	24	5000	50	800	18,0	10	4,25	20	27	КамАЗ-5320 и его модификации
СТ117	12	1,3–55	85	12	5000	16	550	7,5	11	2,5	20	7	С двигателями УМЗ-412

Окончание прил. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25.3708	24	8–182	110	24	5000	58,8	825	17,0	11	4,25	20	34,5	С двигателями Д-240
29.3708	12	1,3–55	60	11,5	4200	13,7	500	7,0	11	2,116	20	4,7	С двигателями 2108
51.3708000	12	2,1–66	85	12	5000	30	700	8,0	9	2,116	20	4,2	«Газель»
3002.370800	24	7,7–110	100	24	5000	55	800	17,0	10	3,75	20	23,1	Автобусы МАЗ, «Икарус»
Bosch AS S0030	12	1,4–65	65	12	5000	14	520	7,0	11	2,5	20	5,5	«AUDI A6 2,8i»
Bosch 190AS S0007	24	5,4–190	130	24	5000	50	780	18,0	11	4,25	20	22,5	Грузовики MAN, «Mercedes», «Renault», «Volvo»
Bosch AS S0008	24	6,5–190	140	24	5000	55	810	18,0	11	4,25	20	24	Грузовики «Iveco», «Scania»
Bosch AS S0005	12	1,8–65	80	12	5000	25	700	7,0	11	2,5	20	6	«Porsche 911»
42.3708	12	1,2–66	75	12	5000	6	520	7,0	9	2,116	20	4	УАЗ 31-60

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные технические и регулировочные параметры системы зажигания

Распределители

Модель распределителя	Зазор между контактами прерывателя, мм	Угол замкнутого состояния контактов, град	Емкость конденсатора, мкФ	Максимальная частота бесперебойного искрообразования, мин ⁻¹	Длина искрового промежутка между электродами свечей зажигания, мм	Регулировка опережения зажигания по валу распределителя		Применяемость
						Центробежный регулятор	Вакуумный регулятор	
						Интервал частот, мин ⁻¹	Интервал разрежения, мм рт. ст.	
						Опережение зажигания, град	Опережение зажигания, град	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
P3-Б	0,35–0,45	43	0,17–0,25	2200	0,8–0,95	$\frac{200-2200}{0-20}$	$\frac{60-280}{0-13}$	ГАЗ-21, УАЗ-452, ГАЗ-69, -66
P4	0,3–0,4	30	0,25–0,35	2500	0,8–1,0	$\frac{500-2500}{3-14,5}$	$\frac{100-350}{0-6}$	ЗИЛ-111, -111А
P4-B2	0,3..0,4	30	0,25–0,35	2000	0,85–1,0	$\frac{400-1600}{6,5-19}$	$\frac{80-250}{0-10}$	ЗИЛ-130, ЛАЗ, ЛиАЗ-677, КАЗ-608
P137, P4-Д*	0,3–0,4	30	–	2750	1,0	То же	То же	ЗИЛ-130
P13-B	0,3–0,4	30	0,2–0,35	1650	0,85–1,0	$\frac{200-1500}{0-15,5}$	$\frac{100-280}{0-10}$	ГАЗ-53, -66, ПАЗ-672

* Для транзисторной системы зажигания с коммутатором ТК102.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
P13	0,3–0,4	30	0,25–0,35	2500	0,85–1,0	<u>200–2500</u> 0–16	<u>80–440</u> 0–9,50	ГАЗ-66, Кав3-685
P133, P13-Д*	0,3–0,4	30	–	2750	0,85–1,0	<u>200–1500</u> 0–15,5	<u>100–280</u> 0–10	ГАЗ-53А, ГАЗ-66
P20	0,34–0,45	39	0,17–0,25	1900	0,7–0,85	<u>300–1900</u> 0–14	<u>160–400</u> 1–12	ГАЗ-52, ПАЗ-652Б, Кав3-651А, ГАЗ-53Ф, ГАЗ-63, ПАЗ-651
P21-А	0,35–0,45	39	0,17–0,25	1500	0,6–0,75	<u>400–1500</u> 1,5–10	<u>10–400</u> 0–9	ЗИЛ-157, КАЗ-606, ЗИЛ-164, КАЗ-600А, КАЗ-601
P23, P53	0,35–0,45	43	0,17–0,25	1900	0,7–0,85	<u>300–1900</u> 0–10	<u>100–320</u> 0–7	ГАЗ-69АЭ
P23-Б	0,35–0,45	43	0,17–0,25	2200	0,7–0,85	<u>300–2200</u> 0–10	<u>100–320</u> 0–7	ГАЗ-69, УАЗ-450А, УАЗ-450Д
P32	0,35–0,45	39	0,17–0,25	1300	0,7–0,85	<u>200–1300</u> 0–12	<u>50–150</u> 0–6	УРАЛ-375М
P51	0,35–0,45	39	0,17–0,25	1500	0,6–0,75	<u>400–1500</u> 1,5–10	<u>100–400</u> 0–9	ЗИЛ-157К, -164Д
P105	0,3–0,4	30	0,25–0,35	1650	0,85–1,0	<u>200–1500</u> 0–14,5	<u>100–300</u> 0–10,5	ГАЗ-66Э, -51

Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
P107	0,35–0,45	50	0,17–0,25	2400	0,9–1,05	<u>500–2200</u> 5,5–19	<u>80–300</u> 0–10	«Москвич-408»
P114-Б	0,35–0,45	50	0,17–0,35	2000	0,6–0,75	<u>500–2200</u> 2–19	<u>100–265</u> 0–6,5	ЗАЗ-965А, -966В
P118, 118-А	0,35–0,45	50	0,17–0,35	3000	0,8–0,95	<u>500–2200</u> 5–12	<u>80–200</u> 0–9,5	«Москвич-412»
P119	0,35–0,45	50	0,17–0,35	2200	0,6–0,75	<u>200–2200</u> 0–20	<u>60–280</u> 0–13	ГАЗ-24
P125	0,37–0,43	52–58	0,2–0,25	3000	0,5–0,6	<u>00–2000</u> 0–16	–	ВАЗ-2101

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1	
УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ	
СИСТЕМЫ ПУСКА	3
Лабораторная работа № 2	
УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ	
СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ	36
Литература	92
ПРИЛОЖЕНИЯ	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	95

Учебное издание

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»
по направлениям 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация
автомобилей. Автотранспорт общего и личного пользования»,
1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей.
Военная автомобильная техника», 1-37 01 07 «Автосервис»,
1-08 01 01 «Профессиональное обучение» по направлению
1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение.
Автомобильный транспорт»

В 3 частях

Часть 2

СИСТЕМА ПУСКА И ЗАЖИГАНИЯ

Составители:

ГУРСКИЙ Александр Станиславович
САМКО Галина Александровна

Редактор *Т. Н. Микулик*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 12.02.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 4,50. Тираж 150. Заказ 571.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.