

Министерство образования и науки Российской Федерации

Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса

Д.Н. ЧУБЕНКО

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Учебно-практическое пособие

Рекомендовано УМО РАЕ по классическому университетскому и техническому образованию в качестве учебно-практического пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки: 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (Профиль: Автомобильный сервис)»

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2014

УДК 34.42
ББК 621.81(075.8)
Ч81

Рецензент: В.А. Пресняков, канд. техн. наук,
доцент, кафедра СТС ВГУЭС

Чубенко, Д.Н.

Ч81 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН [Текст] : учебно-практическое пособие / Д.Н. Чубенко. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2014. – 72 с.

Учебно-практическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса, а также требованиями образовательного стандарта России к учебной дисциплине «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин». Содержит необходимые сведения об основных электрических и электронных компонентах бортовой электрической сети транспортных машин. Приведены способы обнаружения наиболее часто встречаемых неисправностей электрооборудования автомобилей, а также описания лабораторных работ по указанному курсу с подробными методическими указаниями по их выполнению. Рассмотрены основные измерительные устройства и приборы, используемые при диагностике электрооборудования. Даны контрольные вопросы к защите результатов работ.

Для студентов специальности 190600 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (квалификация (степень) «бакалавр») всех форм обучения.

УДК 34.42
ББК 621.81(075.8)

© Издательство Владивостокского
государственного университета
экономики и сервиса, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-практическое пособие предназначается для студентов ВГУЭС направления подготовки 190600 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, изучающих курс «Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин». В данном курсе будущий бакалавр получает основные сведения и навыки, необходимые для диагностики и ремонта неисправностей электрических и электронных компонентов, входящих в состав электрооборудования автомобиля. Для этого необходимо выяснить устройство, принципы работы и основные неисправности электрооборудования. В большинстве случаев залогом успешной диагностики и устранения неисправностей электрооборудования являются не только теоретические знания специалиста, но и опыт эксплуатации машин, а также тесты с использованием специального диагностического оборудования, позволяющего имитировать различные режимы работы электрических и электронных компонентов. Отсюда следует, что экспериментальное изучение работы устройств, входящих в состав электрооборудования автомобиля, является неотъемлемой частью курса. Для этого должны быть поставлены соответствующим образом лабораторные работы, облегчающие изучение основных принципов работы электрооборудования и усвоение навыков, необходимых для обнаружения и устранения неисправностей с использованием современного компьютеризированного оборудования.

Лабораторные работы по курсу «Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин» ставят цель ознакомить студентов с методикой проведения экспериментальных работ, научить проводить замеры различных электрических величин. Цель разработки тематики и содержания лабораторных работ – освещение основных вопросов курса «Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин», в частности тех, которые наиболее трудны для понимания студентов при изучении теоретического курса.

В данном учебно-практическом пособии приведены 10 лабораторных работ, содержащих порядок выполнения работ и контрольные вопросы для защиты.

Оно может быть использовано не только при проведении лабораторных работ по указанному курсу, но и при выполнении междисциплинарного курсового проекта.

Основные определения и терминология совпадают с принятыми в основном курсе.

Лабораторная работа 1

Исследование аккумуляторной батареи

Цель работы. Изучение устройства основных типов аккумуляторных батарей. Получение навыков обслуживания, диагностирования и устранения простейших неисправностей обслуживаемых аккумуляторных батарей. Получение навыков работы с измерительными приборами, которые используются при диагностике аккумуляторных батарей.

1. Общие положения

На автомобилях применяют стартерные свинцовые аккумуляторные батареи. Аккумуляторная батарея обеспечивает питание электростартера при пуске двигателя и других потребителей электроэнергии при неработающем генераторе или его недостаточной мощности. Электростартер является основным потребителем энергии аккумуляторной батареи. Работа в стартерном режиме определяет тип и конструкцию батареи.

По конструктивно-функциональному признаку (ГОСТ 959-91) различают батареи:

- обычной конструкции – в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементными перемычками над крышками;
- в моноблоке с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой. Конструкция такой батареи показана на рис. 1.1;

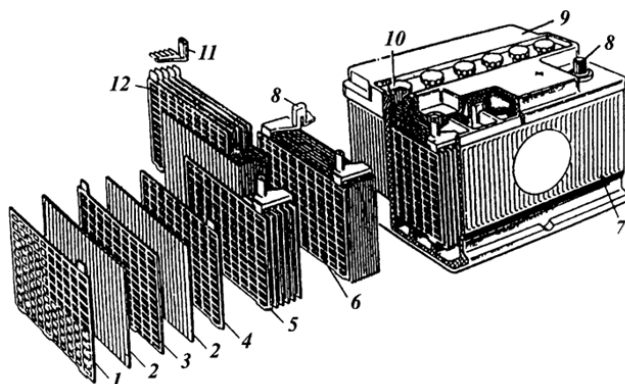


Рис. 1.1. Устройство аккумуляторной батареи: 1 – решетка; 2 – сепаратор; 3, 4 – положительный и отрицательный электроды; 5 – полублок электродов; 6 – блок электродов с сепараторами; 7 – корпус моноблока; 8 – полюсный вывод; 9 – общая крышка; 10 – пробка; 11 – мостик с борном; 12 – полублок положительных электродов

– необслуживаемые – с общей крышкой, не требующие ухода в эксплуатации (термин «батареи необслуживаемые» условный, так как обслуживать их в эксплуатации все-таки требуется, хотя и в значительно меньшем объеме).

Элемент свинцово-кислотного аккумулятора состоит из положительных и отрицательных электродов, сепараторов (разделительных решеток) и электролита. Положительные электроды представляют собой свинцовую решётку, а активным веществом является перекись свинца (PbO_2). Отрицательные электроды также представляют собой свинцовую решётку, а активным веществом является губчатый свинец (Pb). Электроды погружены в электролит, состоящий из разбавленной серной кислоты (H_2SO_4). Наибольшая проводимость этого раствора при комнатной температуре (что означает наименьшее внутреннее сопротивление и наименьшие внутренние потери) достигается при его плотности 1,26 г/см³. Однако в районах с холодным климатом применяются и более высокие концентрации серной кислоты, до 1,29–1,31 г/см³. Это делается потому, что при разряде свинцово-кислотного аккумулятора плотность электролита падает и температура его замерзания становится выше, то есть разряженный аккумулятор может не выдержать холода, электролит кристаллизуется и расширяется в объёме, может треснуть ёмкость. Плотность электролита для эксплуатации в различных климатических районах показана в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Плотность электролита для эксплуатации в различных климатических районах

Климатические районы по ГОСТ 16350-80	Время года	Плотность электролита, приведенная к 25°C, г/см ³	
		Заливаемого	Заряженной батареи
Очень холодный (-50... -30°C)	Зима	1,28	1,30
	Лето	1,24	1,26
Холодный (-30...-15°C)	Круглый год	1,26	1,28
Умеренный (-15...-3°C)	То же	1,24	1,26
Жаркий сухой (-15...+4)	То же	1,21	1,23
Теплый влажный (0...+4)	То же	1,21	1,23

Зависимость температуры замерзания электролита от его плотности показана в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Температура замерзания электролита

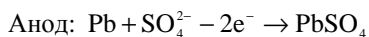
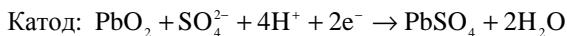
Плотность электролита, приведенная к температуре 25°C, г/см ³	Температура замерзания, °C	Плотность электролита, приведенная к температуре 25°C, г/см ³	Температура замерзания, °C
1,09	-7	1,24	-50
1,12	-10	1,26	-58
1,14	-14	1,29	-66
1,16	-18	1,30	-68
1,18	-22	1,40	-36
1,20	-28	1,50	-29
1,22	-40	1,70	-14
1,23	-42	1,80	+6

Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в сернокислотной среде.

Энергия возникает в результате окисления свинца серной кислотой до сульфата. Электрод из оксида свинца мог бы быть графитовым с выделением водорода. Оксид свинца нужен только, чтобы предотвратить выделение водорода на электроде. Водород реагирует с кислородом оксида и образует воду, восстанавливая оксид до металла.

Во время разряда происходит восстановление диоксида свинца на катоде и окисление свинца на аноде. При заряде протекают обратные реакции, к которым в конце заряда добавляется реакция электролиза воды, сопровождающаяся выделением кислорода на положительном электроде и водорода – на отрицательном.

Химическая реакция (слева-направо – разряд, справа-налево – заряд):



В итоге получается, что при разряде аккумулятора расходуется серная кислота с одновременным образованием воды (и плотность электролита падает), а при заряде, наоборот, вода «расходуется» на образо-

вание серной кислоты (плотность электролита растёт). В конце заряда, при некоторых критических значениях концентрации сульфата свинца у электродов начинает преобладать процесс электролиза воды. При этом на катоде выделяется водород, на аноде – кислород.

Пригодность аккумуляторных батарей для питания электрооборудования автомобилей определяется качеством изготовления, ремонта и существенно зависит от соблюдения правил эксплуатации. Нарушения технологии изготовления аккумуляторов и отклонения от инструкций по эксплуатации аккумуляторов и электрооборудования автомобилей вызывают снижение емкости аккумуляторов и приводят к преждевременному выходу их из строя.

При этом наиболее часто наблюдаются следующие неисправности и дефекты:

- 1) осыпание активной массы электродов;
- 2) замыкание разнополюсных электродов;
- 3) оплывание активных масс электродов;
- 4) сульфатация пластин.

Критерием работоспособности аккумулятора для эксплуатации является способность заряженной батареи отдавать при разряде зимой более 50% своей номинальной емкости, а в летний период свыше 75%.

Существует несколько способов измерения емкости аккумуляторных батарей.

Разрядная емкость C вычисляется по уравнению

$$C_p = I_p \cdot t_p,$$

где I_p – сила разрядного тока;

t_p – продолжительность разряда.

В первом, более точном способе, оценка емкости аккумуляторов проводится в режиме разряда при силе тока 20 или 10-часового разряда. В первом случае разряд ведут до напряжения на аккумуляторе 1,75 В, а во втором – до 1,7 В, или 10,5 В и 10,2 В на клеммах соответственно. Этот способ, несмотря на хорошую точность, требует длительных измерений.

Более быстро емкость аккумуляторных батарей определяется измерением снижения плотности электролита в процессе разряда. В основе такого способа лежат реакции, протекающие при разряде на катоде и аноде.

По плотности электролита судят о степени разряженности свинцового аккумулятора:

$$\Delta C_p = \frac{100(p_3 - p_{25})}{p_3 - p_p},$$

где ΔC_p – степень разряженности аккумулятора, %;

ρ_3 и ρ_p – плотность электролита полностью заряженного и полностью разряженного соответственно аккумулятора при температуре 25°C;

ρ_{25} – измеренная плотность электролита, приведенная к температуре 25°C, г/см³.

Приближенно плотность электролита может быть вычислена по эмпирической формуле:

$$E = 0,84 + \rho_3 ,$$

где E – равновесная ЭДС свинцового аккумулятора, В;

ρ_3 – плотность электролита при 25°C, г/см³.

Для приведения к температуре измерения плотности электролита пользуются зависимостью:

$$\rho_3 = \rho_{\text{изм}} + 0,0007(t - 25^\circ \text{C}) ,$$

где t – температура электролита в момент измерения.

Обычно исходят из эмпирического правила, что уменьшение плотности электролита на 0,01 г/см³ соответствует изменению степени разряженности на 6,25%. Такой способ оценки емкости аккумуляторов требует знания плотности электролита в заряженном и разряженном состояниях.

Достаточно просто и быстро можно определить емкость аккумуляторов по изменению напряжения на аккумуляторе с помощью пробников с нагрузочными сопротивлениями (нагрузочных вилок). Этими приборами осуществляется проверка способности аккумулятора поддерживать определенный разрядный ток.

2. Приборы и оборудование

Для выполнения лабораторной работы необходимы мультиметр MASTECH MS8229, нагрузочная вилка Ливии-101, ареометр для электролита, дистиллированная вода, ветошь, наждачная бумага, раствор соды.

Цифровой мультиметр Mastech MS8229 обладает всеми необходимыми функциями, он позволяет с большой точностью измерять силу постоянного и переменного тока, величину постоянного и переменного напряжения, сопротивление. Прибор соответствует международному стандарту IEC1010-1 CATII 1000V / CATIII 600V. Mastech MS8229 имеет возможность автоматического или ручного выбора пределов измерений. Прибор обладает большим ЖК дисплеем с подсветкой. Полученные результаты можно зафиксировать с помощью функции DATA HOLD. С помощью цифрового мультиметра MS8229 можно проверять полупроводниковые диоды и прозванивать электрические цепи.

Автомобильный тестер «Ливи-101» (нагрузочная вилка) – предназначен для контроля состояния работоспособности (тестирования) аккумуляторной батареи, стартера и генератора на 12 Вольт автомобилей всех марок. На корпусе тестера установлены: стрелочный контрольный

прибор, кнопка включения «нагрузки», гибкие провода с зажимами (красный – «плюс», черный – «минус») и ручка. Внутри корпуса размещены: нагрузочное сопротивление и коммутационные элементы. Автомобильный тестер «Ливи-101» позволяет измерить напряжение АКБ без нагрузки и под нагрузкой, протестировать пусковой ток стартера, провести тестирование генератора и цепи заряда аккумуляторной батареи.

3. Порядок выполнения работы

Снятую с автомобиля или залитую электролитом новую аккумуляторную батарею протереть ветошью. Следы кислоты удалить ветошью, смоченной в 10-процентном растворе соды. Наждачной бумагой или специальными щетками зачистить выводные полюса. Все полученные и расчетные данные заносить в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты испытания аккумуляторной батареи

Показатели	Нормы по ТУ	Номера аккумуляторов					
Уровень электролита, %	100						
Температура электролита, °С	–						
Плотность электролита, г/см ³	–						
Плотность электролита, приведенная к 25°С, г/см ³	1,27						
Уровень заряда аккумулятора по расчету	Лето 50% Зима 75%						
Напряжение под нагрузкой, В	1,7–1,8						
Внутреннее сопротивление аккумулятора, Ом	–						
Внутреннее сопротивление батареи, Ом	0,01–0,015						

1. Ознакомиться с оборудованием для лабораторной работы.
2. Проверить состояние герметичности моноблока и мастики.
3. Измерить уровень электролита. При этом иметь в виду, что контроль и корректировка уровня электролита в настоящее время для различных типов аккумуляторных батарей имеют принципиальные различия. Батареи, в том числе необслуживаемые, собранные в прозрачных

моноблоках, имеют на боковых поверхностях две отметки, соответствующие минимально и максимально допустимым уровням электролита. Нижнюю отметку считать за 0, верхнюю за 100%. Поскольку моноблоки прозрачны, то уровень электролита виден через боковые стенки. Если уровень выше верхней черты, то количество электролита должно быть уменьшено. Если уровень электролита меньше или совпадает с нижней отметкой, то следует долить дистиллированной воды до уровня, соответствующего верхней отметке. Определение уровня электролита в батареях с непрозрачными моноблоками производится следующим образом. Выворачиваются пробки из заливных отверстий. В отверстие по очереди вертикально погружается мерная трубка до упора в предохранительную сетку над блоком электродов. Далее верхнее отверстие уровневой трубки следует плотно закрыть пальцем, поднять мерную трубку и посмотреть, на какой отметке трубки верхний край электролита, находящегося в трубке. Он должен быть на высоте 12–15 мм. При уровне более 15 мм часть электролита следует отобрать, при уровне менее 10 мм следует долить дистиллированной воды.

4. Измерить температуру электролита с помощью термометра, соблюдая технику безопасности и следя за тем, чтобы электролит не попал на кожу и одежду. После измерения термометр промыть в воде или растворе соды.

5. Измерить плотность электролита. Измерение плотности электролита с помощью ареометра выполнить следующим образом: вывернуть пробки из заливной горловины, в отверстие каждой горловины поочередно опустить наконечник цилиндра ареометра, предварительно нажав на резиновую грушу. Набрать в стеклянный цилиндр этого прибора электролит в количестве, необходимом для того, чтобы в широкой верхней части стеклянного цилиндра свободно, не касаясь стенок и не упираясь вверху, плавал поплавок. На корпусе поплавка нанесены деления. Считать цифру на поплавке, совпадающую с уровнем электролита. Это и будет его плотность при данной температуре. После отсчета, осторожно сжимая грушу рукой, слить электролит в эту же горловину и завернуть пробку. Аналогично определяется плотность электролита денсиметром, у которого поплавки изготовлены из пластмассовых цилиндров разного веса. В этом случае плотность электролита считывается по шкале на корпусе против последнего всплывшего поплавка.

6. Измерить равновесные ЭДС аккумуляторов и рассчитать плотность электролита по выражениям $\rho = E - 0,84$, сравнивая с заранее измеренными в п. 5. Считая, что плотность электролита при 25°C в заряженном состоянии 1,27 г/см³, определяют уровень заряда аккумуляторов.

7. Оценить уровень заряда аккумуляторной батареи при помощи нагрузочной вилки. При подключении пробников к полюсным выводам аккумуляторной батареи необходимо, чтобы контактные ножки прока-

ывали свинцовую оксидную пленку на поверхности и обеспечивали надежный электрический контакт. Время выдержки нагрузки под напряжением не рекомендуется более 5 с, т.к. возможно перегревание нагрузочных резисторов.

8. Определить внутреннее сопротивление аккумуляторов, используя результаты измерения тока через заданное сопротивление R и выражение закона Ома для полной цепи:

$$R_{\text{в}} = \frac{E}{I_{\text{р}}} - R_{\text{н}}$$

где $R_{\text{в}}$ – внутреннее сопротивление аккумулятора;

$I_{\text{р}}$ – ток разряда;

$R_{\text{н}}$ – сопротивление нагрузки.

9. Провести все расчеты, записи и сделать вывод о техническом состоянии и о возможных условиях эксплуатации батареи.

4. Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать следующие пункты:

1. Цель работы.
2. Краткое описание используемого в лабораторной работе оборудования.
3. Таблицу 1.3.
4. Выводы, в которых дается вывод о техническом состоянии батареи и возможности ее дальнейшей эксплуатации.

5. Контрольные вопросы

1. Основные типы конструкций аккумуляторных батарей.
2. Каков принцип работы аккумулятора?
3. Основные дефекты аккумуляторных батарей.
4. Влияние температуры на параметры аккумулятора.
5. Что такое емкость аккумулятора и как ее измерить?

Лабораторная работа 2

Исследование работоспособности электростартеров при помощи стенда Э-242

Цель работы. Исследование устройства и режимов функционирования автомобильных электростартеров, получение навыков диагностики и устранения неисправностей электростартеров с помощью контрольно-испытательного стенда Э-242.

1. Общие положения

Возможность осуществления надежного пуска двигателя зависит от многих конструктивных и эксплуатационных факторов, к которым относят степень сжатия, рабочий объем, число и схему расположения цилиндров, тепловое состояние деталей двигателя, регулировочные параметры системы зажигания (для бензиновых двигателей) и топливной аппаратуры, низкотемпературные свойства топлива, вязкостно-температурные характеристики моторного масла, мощность и энергоемкость системы пуска, наличие и эффективность вспомогательных пусковых устройств и т.д.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания начинают работать устойчиво при относительно высокой частоте вращения коленчатого вала. Пусковое устройство должно вращать коленчатый вал с частотой, достаточной для начала и развития процессов образования, воспламенения и сгорания топливо-воздушной смеси и способствовать выходу двигателя на устойчивый режим самостоятельной работы.

Структуры схем систем электростартерного пуска отличаются между собой незначительно (рис. 2.1). В системах управления электростартером предусмотрены электромагнитные тяговые реле, дополнительные реле и реле блокировки, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе.

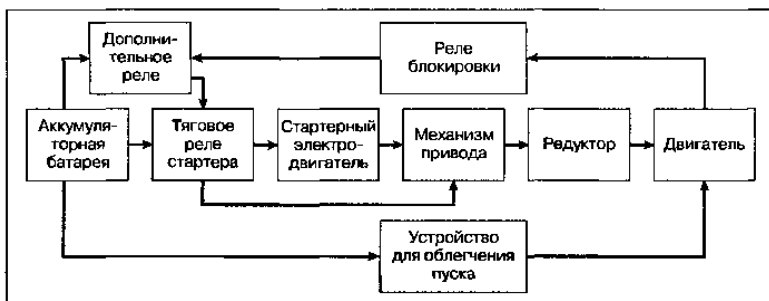


Рис. 2.1. Структурная схема системы пуска двигателя

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

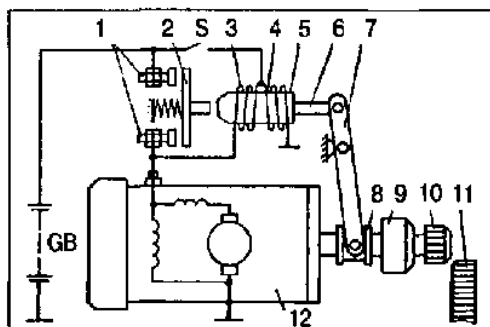


Рис. 2.2. Схема включения электростартера: 1 – контактный болт; 2 – подвижный контактный диск; 3, 4 – соответственно втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле; 5 – якорь тягового реле; 6 – шток; 7 – рычаг привода; 8 – поводковая муфта; 9 – муфта свободного хода; 10 – шестерня привода; 11 – зубчатый венец маховика; 12 – стартерный электродвигатель

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

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

Электростартеры классифицируют по способу возбуждения электродвигателя (последовательного, смешанного, с возбуждением от постоянных магнитов), типу привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от окружающей среды.

Автомобильные стартеры, имея идентичные по конструкции электродвигатели, могут существенно отличаться по конструкции приводных механизмов. По типу и принципу работы механизма привода можно выделить следующие основные группы стартеров:

- с принудительным механическим или электромеханическим перемещением шестерни привода;
- с принудительным электромеханическим вводом шестерни в зацепление с венцом маховика и самовыключением шестерни после пуска двигателя;
- с инерционным перемещением шестерни;
- с электромагнитным вводом шестерни в зацепление за счет перемещения якоря.

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

Надежность работы муфт свободного хода снижается с повышением мощности стартера. Поэтому в стартерах большой мощности устанавливают комбинированные приводные механизмы с принудительным вводом шестерни в зацепление и ее автоматическим инерционным выключением.

Преимуществами инерционных приводов являются относительная простота конструкции, малые размеры и стоимость. Однако включение шестерни сопровождается значительными ударными нагрузками, что ограничивает область их применения стартерами мощностью до 1 кВт.

Параметром, определяющим рациональное согласование мощностной характеристики электропускового устройства с пусковыми характеристиками ДВС, является передаточное число $i_{де}$ привода от стартера к двигателю. Этот параметр оказывает влияние на угол наклона механической характеристики стартерного электродвигателя, приведенной к коленчатому валу ДВС. Для каждого двигателя и заданных условий пуска существуют оптимальные передаточные числа, при которых наилучшим образом используются мощностные характеристики пускового устройства. Однако при безредукторной передаче величина $i_{де}$ может быть не более 16, что ограничивается условиями механической прочности ведущей шестерни стартера.

С другой стороны, увеличение передаточного числа позволяет уменьшить размеры и соответственно массу электродвигателя стартера, так как эти параметры изменяются обратно пропорционально частоте вращения. Последние годы одним из главных направлений совершенствования систем пуска является уменьшение массы активных материалов, стоимость которых составляет около 50% себестоимости стартера.

При этом, помимо использования таких известных методов, как замена медных проводов обмоток на более легкие алюминиевые и уменьшение габаритов за счет применения изоляции более высокого класса нагревостойкости, все более широко стали применяться высокооборотные малогабаритные стартерные электродвигатели с встроенным редуктором.

В стартерах в основном применяются двухобмоточные тяговые реле, имеющие втягивающую (ВО) и удерживающую (УО) обмотки. Такие реле позволяют снизить расход энергии батареи в процессе пуска двигателя.

Принцип работы двухобмоточного тягового реле стартера проиллюстрирован на рис. 2.3. После замыкания контактов КРС.1 реле стартера (или выключателя стартера на дизельных двигателях) ток от аккумуляторной батареи проходит по двум обмоткам – УО и ВО (рис. 2.3, а). Под действием намагничивающей силы этих двух обмоток якорь тягового реле втягивается в электромагнит при помощи рычажного механизма и вводит шестерню привода в зацепление с венцом маховика и в конце хода, замыкая силовые контакты тягового реле КТР.1, включает цепь питания стартерного электродвигателя. Одновременно этими же контактами втягивающая обмотка ВО замыкается накоротко (рис. 2.3, б).

После пуска двигателя контакты КРС.1 размыкаются и ток проходит последовательно через силовые контакты КТР.1, обмотки ВО и УО параллельно стартерному электродвигателю (рис. 2.3, в). При этом направление тока в витках обмотки УО сохраняется прежним, а в витках втягивающей обмотки ВО изменяется. Так как число витков в обмотках одинаково и по ним протекает ток одной и той же величины, суммарная магнитодвижущая сила будет равна нулю. Сердечник электромагнита размагничивается, возвратная пружина, выдвигая якорь из сердечника тягового реле, размыкает силовые контакты КТР.1 и, воздействуя на рычаг включения привода, выводит шестерню из зацепления с венцом маховика.

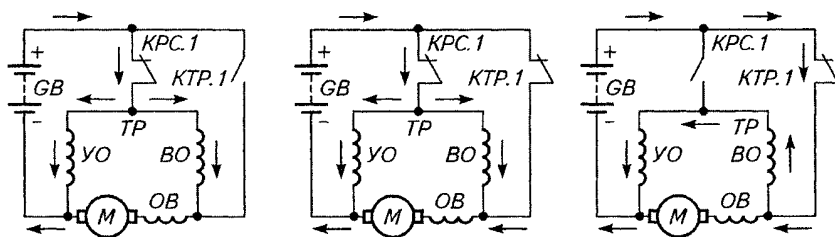


Рис. 2.3. Принцип работы двухобмоточного тягового электромагнита реле стартера: а – включение реле; б – замыкание силовых контактов; в – выключение реле

2. Установка для испытаний

Для проведения лабораторной работы и исследования работоспособности электростартеров используется стенд Э-242 (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Стенд Э-242

Стенд Э-242 – это контрольно-испытательный стенд для контроля и регулировки снятого с автомобиля электрооборудования: генераторов, стартеров, реле-регуляторов, тяговых реле стартеров, реле-прерывателей, коммутационных реле, электроприводов агрегатов автомобиля, обмоток якорей, полупроводниковых приборов, резисторов. В стенде реализована революционная методика проверки генераторов. Её режим максимально приближен к эксплуатационному: плавно изменяется частота вращения и ток нагрузки.

Стенд предназначен для диагностики снятого с автомобиля электрооборудования в условиях автотранспортных предприятий, авторемонтных заводов, фирм и мастерских, станций технического обслуживания автомобилей, для профильных учебно-образовательных учреждений.

Обеспечивает проверку:

- генераторов на холостом ходу и под нагрузкой;
- стартеров в режиме холостого хода и полного торможения;
- реле-регуляторов;
- тяговых реле стартеров;
- реле-прерывателей;
- коммутационных реле;
- электроприводов агрегатов автомобиля;

- обмоток якорей;
- полупроводниковых приборов;
- резисторов.

Принцип работы стенда заключается в имитации рабочих режимов и измерении выходных характеристик снятого с автомобилей электрооборудования с целью проверки его работоспособности и определения технического состояния и поиска неисправностей.

3. Порядок выполнения работы

Проверка напряжения включения и потребляемого тока реле стартера

1. Ознакомиться с устройством установки.
2. Установить стартер на стенд.
3. Подключить стартер к стенду, как показано на рис. 2.5. Отсоединить перемычку, идущую от главных контактов реле к электродвигателю.

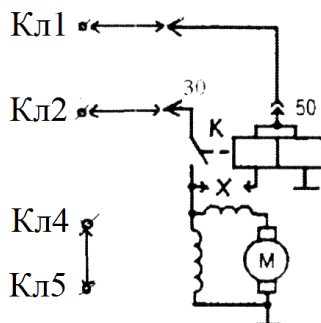


Рис. 2.5. Схема испытаний стартера на холостом ходу

4. Установить переключатели стенда в следующие положения: S7 – 1, S6 – 150 А, S3 – 30 А, S4 – 1, S2 – в положение, соответствующее номинальному напряжению стартера. Включить стенд. Нажать кнопку SB2. Переключателем S3 и реостатом нагрузки увеличить напряжение до срабатывания реле стартера. Тяговое реле должно выдвинуть шестерню привода до упора, контакты главной цепи должны замкнуться, при этом, если главные контакты находятся в нормальном состоянии, показание вольтметра должно быть равно нулю. Допустимое падение напряжения на главных контактах – 0,1 В на каждые 100 А протекающего через них тока нагрузки. Для замера падения напряжения используется амперметр, который в крайнем правом положении переключателя S6 работает как вольтметр с пределом измерения 1,5 В; для его подключения служит розетка XS 15.

5. Занести полученные данные в отчет.

Проверка стартера в режиме холостого хода

1. Подключить стартер к стенду, как показано на рис. 2.6.

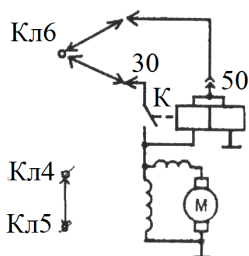


Рис. 2.6. Схема испытаний стартера в режиме полного торможения

2. Установить переключатели стенда в следующие положения: S7 – 1, S1 – 3.

3. Переключатель S6 установить в положение 500 А при испытаниях по схеме рис. 2.6. Так как в момент включения пусковой ток стартера значительно превышает потребляемый ток в режиме холостого хода, во избежание перегрузки амперметра рекомендуется устанавливать переключатель амперметра в соответствующие положения только после того, как якорь стартера разовьет обороты.

4. Включить стенд. Нажать кнопку SB2 «Пуск». Якорь стартера должен вращаться. Измерить частоту вращения и потребляемый ток. Наличие дефектов (тугое вращение вала в подшипниках и др.) вызывает увеличение потребляемой мощности при холостом ходе, вследствие чего ток холостого хода увеличивается, а частота вращения якоря падает ниже нормы. Увеличение тока и уменьшение частоты вращения якоря могут быть следствием межвиткового замыкания обмотки якоря, а межвитковое замыкание обмотки возбуждения приводит к повышению частоты вращения якоря.

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

5. Занести в отчет данные о пусковом токе стартера и о токе в режиме холостого хода.

Проверка стартера в режиме полного торможения

1. Установить стартер в зажимное устройство стенда. Отрегулировать тормозное устройство так, чтобы шестерня стартера свободно входила в зацепление с зубчатым сектором тормозного устройства при включении привода стартера. При этом зубчатый сектор по модулю должен соответствовать модулю шестерни стартера; исключение со-

ставляет стартер с модулем 3,175, для которого зубчатый сектор устанавливается с модулем 3.

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

- в положение «2,5×9» – для стартеров с модулями 2,11 и 2,5;
- в положение «3×11» – для стартеров с модулями 3; 3,175 и 3,75;
- в положение «4,2×10» – для стартеров с модулями 4,25 и 4,5.

Переключатель S1 в зависимости от величины крутящего момента, развиваемого стартером, установить в положение 1 при величине крутящего момента до 25 Н.м или в положение 2 при величине крутящего момента более 25 Н.м. Переключатель S6 установить в положение 1500 А или 500 А в зависимости от потребляемого тока. Переключатель S2 – для стартеров с номинальным напряжением 12 В – в положении 1, для стартеров с номинальным напряжением 24 В рекомендуется подавать на стартер пониженное напряжение – переключатель S2 должен находиться в положении 4 (правое крайнее).

2. Включить стенд. Нажать на кнопку «Пуск».

3. Считать показания амперметра и измерителя тормозного момента. В том случае, если модуль и число зубьев проверяемого стартера отличаются от указанных на стенде положений переключателя S7 – 2,5×9; 3×11; 4,25×10, то для получения действительной величины тормозного момента показание измерительного прибора необходимо умножить на поправочный коэффициент, приведенный в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Модули стартера и поправочные коэффициенты

Положение переключателя	Модуль и число зубьев стартера	Значение поправочного коэффициента
2,5×9	2,11×11	1,05
	2,5×8	0,89
	2,5×9	1,00
3×11	3×9	0,82
	3×11	1,00
	3,75×10	1,20
4,25×10	4,25×10	1,00
	4,25×11	1,10
	4,5×11	1,20

4. Занести полученные данные в отчет.

4. Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать следующие пункты:

1. Цель работы.
2. Схема установки.
3. Краткое описание установки.
4. Краткое описание тестируемого стартера.
5. Данные экспериментального исследования, полученные в п. 3.
6. Выводы (заключение о проделанной работе и работоспособности тестируемого стартера).

5. Контрольные вопросы

1. Какие виды испытаний стартеров вы знаете?
2. На что указывают пониженные обороты стартера при проверке его в режиме холостого хода?
3. На какие возможные неисправности указывает пониженный крутящий момент стартера?
4. Вследствие каких неисправностей стартер потребляет ток больше, чем предусмотрено его характеристиками?
5. Какими особенностями характеризуется пусковой режим работы стартера?
6. Какой тип расцепляющего механизма имеется у стартера, подвергаемого испытаниям?
7. На какие группы можно подразделить стартеры по типу сцепляющего механизма, по способу управления?
8. Поясните назначение тягового реле и реле стартера?
9. Как осуществляется выбор мощности системы электростартерного пуска двигателя?
10. В чем заключаются операции по техническому обслуживанию системы пуска?
11. Каковы перспективы в развитии конструкций стартеров?
12. Особенности конструкций стартеров с постоянными магнитами.

Лабораторная работа № 3

Исследование работоспособности автомобильного генератора при помощи стенда Э-240

Цель работы. Исследование устройства и режимов функционирования автомобильных генераторных установок, получение навыков диагностики и устранения неисправностей генераторов с помощью контрольно-испытательного стенда Э-242.

1. Общие положения

Исправная генераторная установка должна обеспечивать положительный баланс электроэнергии на автомобиле при заданном уровне напряжения, т.е. обеспечивать заряд аккумуляторной батареи и питание всех приемников. Для контроля за зарядным процессом на автомобилях устанавливаются вольтметры, амперметры или контрольные лампочки.

В зависимости от режима работы генераторной установки, технического состояния аккумуляторной батареи, числа включенных приемников возможны различные соотношения между токами генератора, батареи и нагрузки.

Если напряжение генератора выше напряжения аккумуляторной батареи, то происходит заряд батареи и питание приемников от генератора, т.е. $I_{\Gamma} = I_{\Sigma} + I_{\text{н}}$. Данный режим имеет место при не полностью заряженной аккумуляторной батарее и значения тока генератора $I_{\Gamma} < I_{\text{гмакс}}$, где $I_{\text{гмакс}}$ – максимальный ток, который может отдавать генератор.

Если напряжение генератора равно напряжению аккумуляторной батареи, то возможны следующие режимы:

а) $I_{\Gamma} = I_{\text{н}}$, такой режим возможен при полностью заряженной аккумуляторной батарее и при $I_{\Gamma} < I_{\text{гмакс}}$;

б) $I_{\text{н}} = I_{\Gamma} + I_{\text{аб}}$, где $I_{\text{аб}}$ – ток, потребляемый от аккумуляторной батареи; такой режим возможен, когда мощности генератора недостаточно для питания приемников и часть мощности на потребители идет от аккумуляторной батареи, т.е. батарея разряжается.

Если напряжение генератора меньше напряжения аккумуляторной батареи, то питание всех приемников осуществляется только от батареи, т.е. $I_{\text{н}} = I_{\text{аб}}$. Данный режим возможен при неисправной генераторной установке.

Отсюда, в общем случае, величина зарядного тока определяется выражением

$$I_{\Sigma} = \frac{U_{\Gamma} - E_{\text{бат}}}{R_{\text{зар}}},$$

где U_{Γ} – напряжение генератора,

$E_{\text{бат}}$ – ЭДС батареи,

$R_{\text{зар}}$ – сопротивление зарядной цепи, Ом.

Из уравнения следует, что уровень зарядного тока пропорционален разности напряжения генератора и ЭДС аккумуляторной батареи.

При исправной генераторной установке напряжение генератора поддерживается на определенном уровне и зарядный ток будет иметь конечное значение, определяемое степенью разряженности аккумуляторной батареи.

Таким образом, отсутствие зарядного тока является лишь необходимым, но недостаточным признаком для суждения о неисправности генераторной установки. Батарея может быть полностью заряжена и не принимать заряда или иметь электрический разрыв в соединениях отдельных элементов аккумуляторной батареи. Только наличие разрядного при средней частоте вращения коленчатого вала двигателя является признаком отказа генераторной установки. Чтобы этот признак проявлялся более явно, рекомендуется при средней частоте вращения коленчатого вала включать приемники электрической энергии, например фары. Неисправность может быть или в силовой цепи (обмотки статора, выпрямительный блок, соединительный провод между генератором и аккумуляторной батареей), или же в цепи возбуждения (обмотка возбуждения, щеточный узел, регулятор напряжения, соединительные провода от замка зажигания к регулятору напряжения и от регулятора напряжения к щеточному узлу генератора).

Чтобы определить отказавшую цепь, необходимо отсоединить провода от щеточного узла и подать напряжение в обмотку возбуждения непосредственно от батареи. Если при работающем двигателе появится зарядный ток, значит, неисправность была в цепи возбуждения или в выносном регуляторе напряжения. При отсутствии зарядного тока неисправен генератор.

Признаком неисправности генераторной установки является также постоянное наличие большого зарядного тока (более 20А). В этом случае неисправность обуславливается выходом из строя регулятора напряжения, который или не регулирует напряжение генератора, или настроен на большее значение напряжения, что также должно сопровождаться быстрым «выкипанием» электролита в аккумуляторной батарее в процессе эксплуатации.

Техническое состояние генераторов переменного тока характеризуется следующими параметрами:

– минимальной частотой вращения, при которой генератор развивает номинальное напряжение (начальная частота вращения без нагрузки);

– номинальной частотой вращения, при которой генератор отдает номинальный ток нагрузки (начальная частота вращения под нагрузкой).

Способность генераторной установки обеспечивать электропитанием потребителей электроэнергии на автомобиле во всех режимах его работы характеризует токоскоростная характеристика (ТСХ), т.е. зависимость силы тока, отдаваемого генератором в нагрузку, от частоты вращения его ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах генератора. Характеристика эта определяется при работе генераторной установки в комплекте с полностью заряженной аккумуляторной батареей с номинальной емкостью, выраженной в А·ч, составляющей не менее 50% номинальной силы тока генератора. Характеристика может определяться в холодном и нагретом состоянии генератора. При этом под холодным состоянием понимается такое, при котором температура всех частей и узлов генератора равна температуре окружающей среды, величина которой должна быть $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$. Температура воздуха определяется в точке на расстоянии 5 см от воздухозаборника генератора. Токоскоростные характеристики могут определяться при номинальном напряжении, т.е. 14 (28) В. Однако снять такие характеристики возможно только с регулятором, специально перестроенным на высокий уровень поддержания напряжения. Чтобы предотвратить работу регулятора напряжения при снятии токоскоростной характеристики, ее определяют при напряжениях $13,5 \pm 0,1$ ($27 \pm 0,2$) В. Допускается и ускоренный метод определения токоскоростной характеристики, требующий специального автоматизированного стенда, при котором генератор прогревается в течение 30 мин при частоте вращения ротора 3000 мин⁻¹, соответствующей этой частоте силе тока и указанном выше напряжении. Время снятия характеристики не должно превышать 30 с при постоянно меняющейся частоте вращения.

Токоскоростная характеристика имеет характерные точки, к которым относятся:

n_0 – начальная частота вращения ротора без нагрузки. Поскольку обычно снятие характеристики начинают с тока нагрузки около 2 А, то эта точка получается экстраполяцией снятой характеристики до пересечения с осью абсцисс;

$n_{гд}$ – минимальная рабочая частота вращения ротора, т.е. частота вращения, примерно соответствующая оборотам холостого хода двигателя. Условно принимается, $n_{гд} = 1500$ мин⁻¹ (для высокоскоростных генераторов – 1800 мин⁻¹). Сила тока при этой частоте обычно составляет 40–50% номинального тока и во всяком случае должна быть достаточна для обеспечения питанием жизненно важных потребителей энергии на автомобиле;

I_n – номинальная частота вращения ротора, при которой вырабатывается номинальный ток I_n , т.е. ток, сила которого не должна быть меньше номинальной величины;

n_{\max} – максимальная частота вращения ротора. При этой частоте генератор вырабатывает максимальный ток I_{\max} , сила которого мало отличается от силы номинального тока.

Принципиальные электрические схемы генераторных установок приведены на рис. 3.1.

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

Различают два типа невзаимозаменяемых регуляторов напряжения: в одном типе (рис. 3.1, а) выходной коммутирующий элемент регулятора напряжения соединяет вывод обмотки возбуждения генератора с «+» бортовой сети, в другом типе (рис. 3.1, б, в) – с «-» бортсети. Транзисторные регуляторы напряжения второго типа являются более распространенными.

Чтобы на стоянке аккумуляторная батарея не разряжалась, цепь обмотки возбуждения генератора (рис. 3.1 а, б) запитывается через выключатель зажигания. Однако при этом контакты выключателя коммутируют ток до 5 А, что неблагоприятно сказывается на их сроке службы. Разгрузить контакты выключателя можно, используя промежуточное реле, но более прогрессивно, если через выключатель зажигания запитывается лишь цепь управления регулятора напряжения (рис. 3.1, в), потребляющая ток силой в доли ампера. Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле регулятора в выключенное состояние, что не позволяет току протекать через обмотку возбуждения. Однако применение выключателя зажигания в цепи генераторной установки снижает ее надежность и усложняет монтаж на автомобиле. Кроме того (в схемах на рис. 3.1 а, б, в) падение напряжения в выключателе зажигания и других коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора (штекерные соединения, предохранители), влияет на уровень поддерживаемого регулятором напряжения и частоту переключения его выходного транзистора, что может сопровождаться миганием ламп осветительной и светосигнальной аппаратуры, колебанием стрелок вольтметра и амперметра.

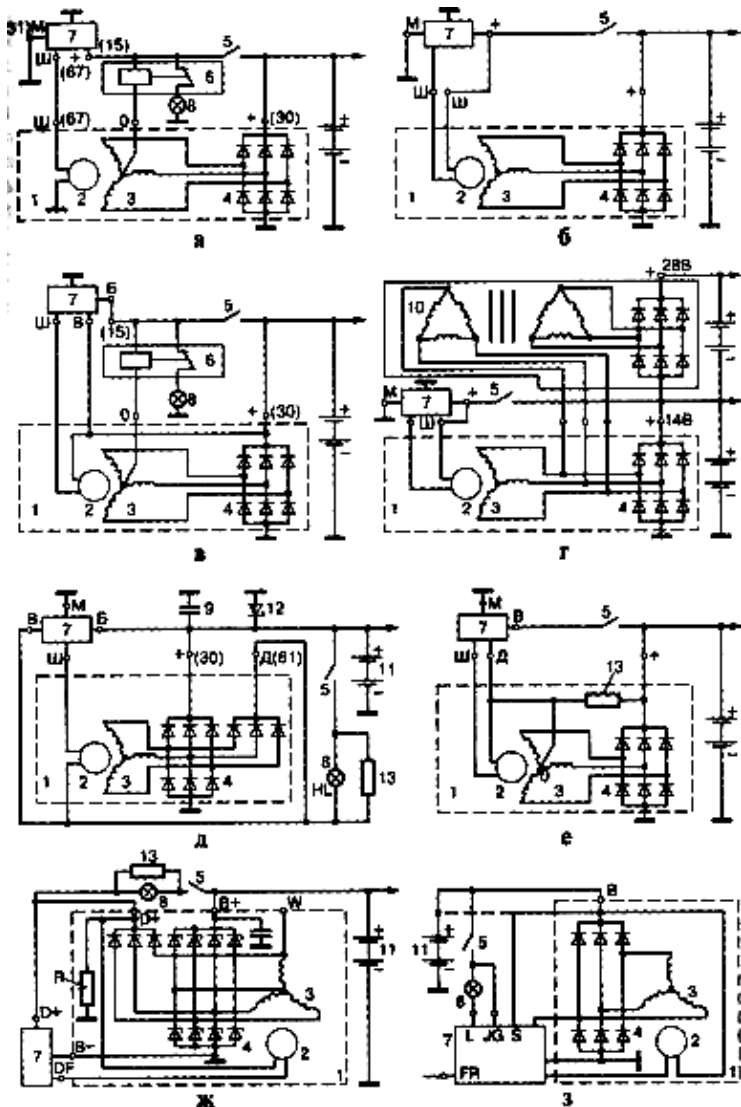


Рис. 3.1. Схемы генераторных установок:

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

Поэтому более перспективной является схема на рис. 3.1, д. В этой схеме обмотка возбуждения имеет свой дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «Д» этого выпрямителя и подсоединяется обмотка возбуждения генератора. Схема допускает некоторый разряд аккумуляторной батареи малыми токами по цепи регулятора напряжения и при длительной стоянке рекомендуется снимать наконечник провода с клеммы «+» аккумуляторной батареи.

В схему (рис 3.1, д) введено подвозбуждение генератора от аккумуляторной батареи через контрольную лампу 8. Небольшой ток, поступающий в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточен для возбуждения генератора и в то же время не может существенно влиять на разряд аккумуляторной батареи. Обычно параллельно контрольной лампе включают резистор 13, чтобы даже в случае перегорания контрольной лампы генератор мог возбуждаться. Контрольная лампа в схеме (рис. 3.1, д) является одновременно и элементом контроля работоспособности генераторной установки. В схеме применен стабилитрон 12, гасящий всплески напряжения, опасные для электронной аппаратуры.

С целью контроля работоспособности в схему (рис. 3.1, а) введено реле с нормально замкнутыми контактами, через которое получает питание контрольная лампа 8. Эта лампа загорается после включения замка зажигания и гаснет после пуска двигателя, т.к. под действием напряжения от генератора, реле, обмотка которого подключена к нулевой точке обмотки статора, разрывает свои нормально замкнутые контакты и отключает лампу. Если лампа 8 при работающем двигателе горит, значит генераторная установка неисправна. В некоторых случаях обмотка реле контрольной лампы 6 подключается на вывод фазы генератора.

Схема рис. 3.1, е характерна для генераторных установок с номинальным напряжением 28 В. В этой схеме обмотка возбуждения включена на нулевую точку обмотки статора генератора, т.е. питается напряжением, вдвое меньшим, чем напряжение генератора.

При этом приблизительно вдвое снижаются и величины импульсов напряжения, возникающих при работе генераторной установки, что благоприятно сказывается на надежности работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 служит тем же целям, что и контрольная лампа в схеме рис. 3.1, д, т.е. обеспечивает уверенное возбуждение генератора. На автомобилях с дизельными двигателями может применяться генераторная установка на два уровня напряжения 14/28 В. Второй уровень 28 В используется для зарядки аккумуляторной батареи, работающей при пуске ДВС. Для получения второго уровня используется электронный удвоитель напряжения или трансформаторно-выпрямительный блок (ТВБ), как это показано на рис. 3.1, г. В сис-

теме на два уровня напряжения регулятор стабилизирует только первый уровень напряжения 14В. Второй уровень возникает посредством трансформации и последующего выпрямления ТВБ переменного тока генератора. Коэффициент трансформации трансформатора ТВБ близок к единице.

В некоторых генераторных установках зарубежного и отечественного производства регулятор напряжения поддерживает напряжение не на силовом выводе генератора «+», а на выводе его дополнительного выпрямителя, как показано на схеме рис. 3.1, ж. Схема является модификацией схемы рис. 3.1, д, с устранением ее недостатка – разряда аккумуляторной батареи регулятора напряжения при длительной стоянке. Такое исполнение схемы генераторной установки возможно, т.к. разница напряжения на клеммах «+» и Д невелика.

На рисунке 3.1, ж показана схема с дополнительным плечом выпрямителя, выполненная на стабилитронах, которые в нормальном режиме работают, как обычные выпрямительные диоды, а в аварийных режимах предотвращают появление опасных всплесков напряжения. Резистор R, как было показано выше, расширяет диагностические возможности схемы. Этот резистор вообще характерен для генераторных установок фирмы Bosch.

Генераторные установки без дополнительного выпрямителя, но с подводом к регулятору вывода фаз, применение которых, особенно японскими и американскими фирмами, расширяется, выполняются по схеме рис. 3.1, з. В этом случае схема генераторной установки упрощается, но усложняется схема регулятора напряжения, т.к. на него переносятся функции предотвращения разряда аккумуляторной батареи на цепь возбуждения генератора при неработающем двигателе автомобиля и управления лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки. На вход регулятора может подаваться напряжение генератора или аккумуляторной батареи (пунктир на рис. 3.1, з), а иногда и оба эти напряжения сразу.

Стабилитрон 12, защищающий от всплесков напряжения дополнительное плечо выпрямителя, а также выпрямители на стабилитронах могут быть использованы в любой из приведенных схем.

2. Приборы и оборудование

Для выполнения работы необходимы вольтметр, амперметр, стенд Э-240, регулируемый источник питания, соединительные провода, аккумулятор, генератор.

Стенд Э-242 (рис. 3.2) – это контрольно-испытательный стенд для контроля и регулировки снятого с автомобиля электрооборудования: генераторов, стартеров, реле-регуляторов, тяговых реле стартеров, реле-прерывателей, коммутационных реле, электроприводов агрегатов авто-

мобиля, обмоток якорей, полупроводниковых приборов, резисторов. В стенде реализована революционная методика проверки генераторов. Её режим максимально приближен к эксплуатационному: плавно изменяется частота вращения и ток нагрузки.



Рис. 3.2. Стенд Э-242

Стенд предназначен для диагностики снятого с автомобиля электрооборудования в условиях автотранспортных предприятий, авторемонтных заводов, фирм и мастерских, станций технического обслуживания автомобилей для профильных учебно-образовательных учреждений.

Обеспечивает проверку:

- генераторов на холостом ходу и под нагрузкой;
- стартеров в режиме холостого хода и полного торможения;
- реле-регуляторов;
- тяговых реле стартеров;
- реле-прерывателей;
- коммутационных реле;
- электроприводов агрегатов автомобиля;
- обмоток якорей;
- полупроводниковых приборов;
- резисторов.

Принцип работы стенда заключается в имитации рабочих режимов и измерении выходных характеристик снятого с автомобилей электро-

оборудования с целью проверки его работоспособности и определения технического состояния и поиска неисправностей.

3. Порядок выполнения работы

Проверка обмотки возбуждения генератора переменного тока

1. Установить генератор на стенд, не зажимая и не соединяя с приводом.
2. Установить переключатели стенда в следующие положения: S4 – 2, S6 – 5 А.
3. Подсоединить обмотку возбуждения генератора к источнику регулируемого напряжения.
4. Включить стенд. Ручкой регулятора источника регулируемого напряжения установить номинальное напряжение на обмотке возбуждения.
5. Считать показание амперметра. Полученное значение силы тока должно быть равно отношению установленного напряжения на обмотке возбуждения к сопротивлению обмотки возбуждения. Отсутствие тока свидетельствует об обрыве обмотки возбуждения, повышенное значение – о замыкании витков.

Построение токоскоростной характеристики генератора

1. Установить генератор на стенд, соединив с приводом (схема на рис. 3.3).

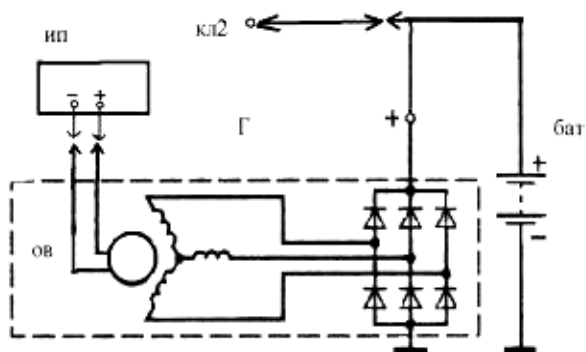


Рис. 3.3. Схема измерения ТСХ генератора

2. Подсоединить обмотку возбуждения генератора к источнику регулируемого напряжения и установить номинальное напряжение 12 В.
3. Включить стенд.
4. Считать показание амперметра, установив такую величину нагрузки, чтобы напряжение генератора было равно номинальному 14 В.

5. Повторить измерения для нескольких значений оборотов. По результатам измерений построить ТСХ.

Измерение регулировочной характеристики генератора

1. Установить генератор на стенд, соединив с приводом (схема на рис. 3.3), не подключая аккумулятор.

2. Подсоединить обмотку возбуждения генератора к источнику регулируемого напряжения.

3. Включить стенд. Ручкой регулятора источника регулируемого напряжения ОВ установить номинальное напряжение на выходе генератора.

4. Снять показания вольтметра и амперметра на обмотке возбуждения для нескольких значений оборотов ОВ генератора.

5. По результатам измерений постройте характеристику.

4. Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать:

1. Цель работы.
2. Принципиальную схему установки.
3. Результаты проверки обмотки возбуждения генератора.
4. Токоскоростную характеристику генератора.
5. Регулировочную характеристику генератора.
6. Выводы.

5. Контрольные вопросы

1. Какие конструкции генераторов переменного тока применяются на современных автомобилях?

2. Из каких основных элементов состоит клювообразный генератор переменного тока?

3. За счет чего в современных автомобильных генераторах происходит ограничение максимального тока?

4. Каким образом происходит процесс регулирования напряжения генератора?

5. Что такое «начало отдачи» и «полная отдача» генератора?

6. Назовите логическую последовательность проверки генераторной установки.

7. Какое влияние может оказывать изменение температурных условий на режим работы генераторной установки и как осуществляется термокомпенсация?

8. Перечислите основные операции по уходу за генераторными установками переменного тока.

9. Перечислите неисправности генераторов, их причины и способы выявления неисправностей.

Лабораторная работа № 4

Исследование регулятора напряжения генератора

Цель работы. Изучение устройства и принципов работы регулятора напряжения автомобильной генераторной установки.

1. Общие положения

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

Кроме того, он может выполнять дополнительные функции: защищать элементы генераторной установки от аварийных режимов и перегрузки, автоматически включать в бортовую сеть цепь обмотки возбуждения или систему сигнализации аварийной работы генераторной установки.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу. Напряжение генератора определяется тремя факторами – частотой вращения ротора, силой тока, отдаваемой генератором в нагрузку, и величиной магнитного потока, создаваемой током обмотки возбуждения. Чем выше частота вращения ротора и меньше нагрузка на генератор, тем выше напряжение генератора. Увеличение силы тока в обмотке возбуждения увеличивает магнитный поток и с ним напряжение генератора, снижение тока возбуждения уменьшает напряжение. Все регуляторы напряжения – отечественные и зарубежные – стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Если напряжение возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения и вводит напряжение в нужные пределы. Блок-схема регулятора напряжения представлена на рис. 4.1. Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора U_d и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе сравнения сравнивается с эталонным значением $U_{эт}$.

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

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

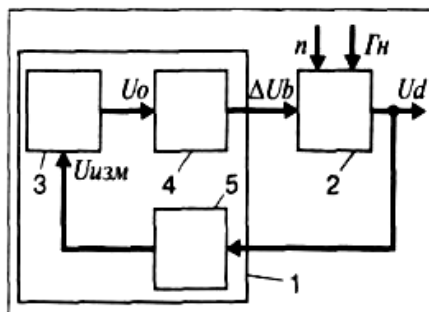


Рис. 4.1. Блок-схема регулятора напряжения

Если функции регулятора расширены, то и число подсоединений его в схему растет.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины играет обычно напряжение стабилизации стабилитрона. Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжении ниже напряжения стабилизации и «пробивается», т.е. начинает пропускать через себя ток, если напряжение на нем превысит напряжение стабилизации. Напряжение же на стабилитроне остается при этом практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, которое коммутирует цепь возбуждения таким образом, что ток в обмотке возбуждения изменяется в нужную сторону. В вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах чувствительный элемент представлен в виде обмотки электромагнитного реле, напряжение к которой, впрочем, тоже может подводиться через входной делитель, а эталонная величина – это сила натяжения пружины, противодействующая силе притяжения электромагнита. Коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляют контакты реле или в контактно-транзисторном регуляторе полупроводниковая схема, управляемая этими контактами. Особенностью автомобильных регуляторов напряжения является то, что они осуществляют дискретное регулирование напряжения путем включения и выключения в цепь питания обмотки возбуждения (в транзисторных регуляторах) или последовательно с обмоткой дополнительного резистора (в вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах), при этом меняется относительная продолжительность включения обмотки или дополнительного резистора.

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

электронные транзисторные регуляторы, удобно рассмотреть принцип работы регулятора напряжения на примере простейшей схемы, близкой к отечественному регулятору напряжения Я112А1 и регулятору ЕЕ14V3 фирмы BOSCH (рис. 4.2).

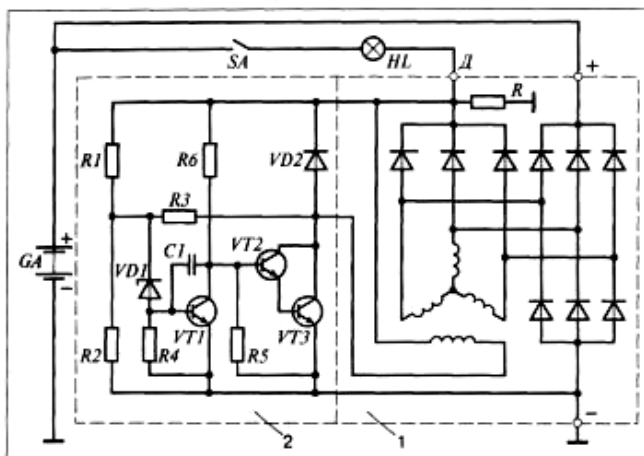


Рис. 4.2. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:
1 – генератор; 2 – регулятор

Регулятор 2 на схеме работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. Чтобы понять работу схемы, следует вспомнить, что, как было показано выше, стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжениях ниже величины напряжения стабилизации. При достижении напряжением этой величины стабилитрон пробивается и по нему начинает протекать ток.

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

Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от выхода генератора Д через делитель напряжения на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него, а следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается через переход эмиттер-коллектор VT3 подключена к цепи питания. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объеди-

нены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой Дарлингтона. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, например из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1.

При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон VD1 пробивается, ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмиттер-коллектор закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD2, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2, VT3, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и т.д., процесс повторяется.

Таким образом регулировка напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени включения обмотки возбуждения цепи питания. При этом ток в обмотке возбуждения изменяется так, как показано на рис. 4.3. Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, время включения обмотки уменьшается, если частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла – увеличивается.

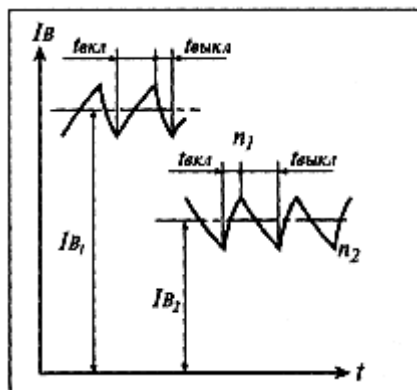


Рис. 4.3. Изменение силы тока в обмотке возбуждения I_B по времени t , $t_{вкл}$ и $t_{выкл}$ – соответственно время включения и выключения обмотки возбуждения генератора; n_1 и n_2 – частоты вращения ротора генератора, причем n_2 больше n_1 ; I_{B1} и I_{B2} – среднее значение тока в обмотке возбуждения

В схеме регулятора (рис. 4.2) имеются элементы, характерные для схем всех применяющихся на автомобилях регуляторов напряжения. Диод VD2 при закрытии составного транзистора VT2, VT3 предотвращает опасные всплески напряжения, возникающие из-за обрыва цепи обмотки возбуждения со значительной индуктивностью.

В этом случае ток обмотки возбуждения может замыкаться через этот диод и опасных всплесков напряжения не происходит.

Поэтому диод VD2 носит название гасящего. Сопротивление R3 является сопротивлением жесткой обратной связи. При открытии составного транзистора VT2, VT3 оно оказывается подключенным параллельно сопротивлению R2 делителя напряжения. При этом напряжение на стабилитроне VD2 резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора и повышает частоту этого переключения. Это благотворно сказывается на качестве напряжения генераторной установки. Конденсатор C1 является своеобразным фильтром, защищающим регулятор от влияния импульсов напряжения на его входе.

Вообще конденсаторы в схеме регулятора либо предотвращают переход этой схемы в колебательный режим и возможность влияния посторонних высокочастотных помех на работу регулятора, либо ускоряют переключения транзисторов.

В последнем случае конденсатор, заряжаясь в один момент времени, разряжается на базовую цепь транзистора в другой момент, ускоряя броском разрядного тока переключение транзистора и, следовательно, снижая потери мощности в нем и его нагрев.

Из рисунка 4.2 хорошо видна роль лампы контроля работоспособного состояния генераторной установки HL.

При неработающем двигателе внутреннего сгорания замыкание контактов выключателя зажигания SA позволяет току от аккумуляторной батареи GA через эту лампу поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечивается первоначальное возбуждение генератора. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва.

После запуска двигателя на выводах генератора Д и «+» появляется практически одинаковое напряжение и лампа погасает. Если генераторная установка при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генераторной установки или обрыве приводного ремня.

Введение резистора R в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы HL. Наличие этого резистора при работающем двигателе автомобиля дает возможность определить обрыв цепи обмотки возбуждения, то лампа HL загорится.

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

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

В рассмотренной схеме регулятора напряжения, как и во всех регуляторах аналогичного типа, частота переключений в цепи обмотки возбуждения изменяется по мере изменения режима работы генератора. Нижний предел этой частоты составляет 25–50 Гц.

Однако имеется и другая разновидность схем электронных регуляторов, в которых частота переключения строго задана. Регуляторы такого типа оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который и обеспечивает заданную частоту переключения. Применение ШИМ снижает влияние на работу регулятора внешних воздействий, например, уровня пульсаций выпрямленного напряжения и т.п.

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

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

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

2. Приборы и оборудование

Для выполнения работы необходимы вольтметр, амперметр, регулируемый источник питания, соединительные провода, аккумулятор, генератор, осциллограф.

3. Порядок выполнения работы

Часть 1. Исследование работы регулятора напряжения Я112 В

1. Собрать схему на рис. 4.4.

2. Плавно изменяя напряжение источника питания, измерить напряжение включения – выключения регулятора напряжения и частоту переключения регулятора.
3. Измерить ток потребления.

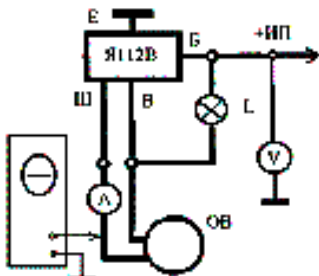


Рис. 4.4. Схема включения регулятора напряжения Я112В для измерений параметров

Часть 2. Исследование работы регулятора напряжения Я112 В

1. Собрать схему на рис. 4.5.
2. Плавно изменяя напряжение источника питания, измерить напряжение включения – выключения регулятора напряжения и частоту переключения регулятора. Измерить время включенного и выключенного состояния регулятора в зависимости от изменяемого напряжения питания.
3. Измерить ток потребления при включенном и выключенном питании на выводе Р регулятора.

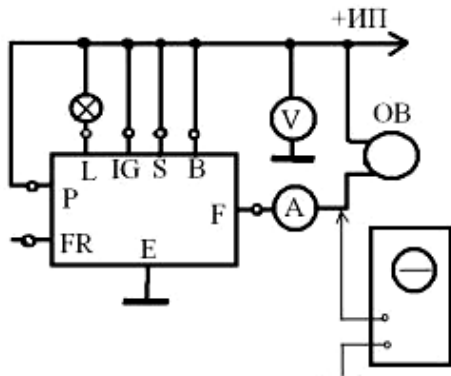


Рис. 4.5. Схема включения регулятора напряжения с ШИМ для измерений параметров

4. Оформление отчета

В отчете обязательно должны быть указаны:

1. Цель работы.
2. Ход работы.
3. Данные, полученные при выполнении частей 1 и 2 лабораторной работы.
4. Выводы.

5. Контрольные вопросы

1. В каких пределах выбирается регулируемое напряжение и чем оно определяется?
2. Что такое зарядный баланс?
3. Какие типы регуляторов напряжения существуют?
4. Каким образом на автомобиле осуществляется контроль работоспособности генераторной установки?

Лабораторная работа 5

Контроль и установка момента зажигания и проверка свечей зажигания

Цель работы. Получение практических навыков для контроля и установки угла опережения зажигания, а также проверки работоспособности свечей зажигания.

1. Общие положения

Контроль и установка момента зажигания

Система зажигания предназначена для принудительного воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя. Источником зажигания смеси является искровой электрический разряд, возникающий между электродами свечи под воздействием импульса высокого напряжения.

Важное значение при работе системы зажигания имеет установка момента зажигания. При неправильной установке зажигания могут возникнуть обратные вспышки, которые могут привести к воспламенению горючей смеси во впускном трубопроводе при открытых впускных клапанах или заставить коленчатый вал вращаться в обратном направлении. Для предотвращения этого момент зажигания приближают к верхней мертвой точке. У многоцилиндровых двигателей момент зажигания устанавливают по первому цилиндру. Для остальных цилиндров он устанавливается автоматически в соответствии с порядком работы при помощи определенной установки проводов в крышке распределителя.

Тактность двигателя и число цилиндров определяют необходимое число искровых пробоев при максимальной частоте вращения коленчатого вала. Количество искровых пробоев в минуту ограничивается электрическими и механическими условиями работы контактов.

Электронные системы зажигания менее восприимчивы к уровню коммутируемого тока и поэтому обеспечивают более высокое вторичное напряжение и мощность искры, чем контактные системы. Для надежной работы системы зажигания предусматривают полуторакратный запас напряжения по сравнению с пробивным напряжением на свечах, при котором возникает искровой разряд между электродами.

Как правило, максимальная эффективность рабочего процесса двигателя реализуется в случае, когда давление газов достигает наибольшего своего значения при повороте коленчатого вала на 10–15° после верхней мертвой точки. А поскольку требуется время на сгорание смеси, искровой разряд необходимо создавать с определенным опережением.

Угол опережения зажигания устанавливается автоматически в зависимости от режима работы двигателя и должен обеспечивать оптимальные мощностные и экономические показатели двигателя. Допускаемые

отклонения от заданных углов должны составлять $\pm 1^\circ$ поворота коленчатого вала.

Изменение угла опережения зажигания классической батарейной (механической) системы зажигания, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, осуществляется центробежным регулятором. С увеличением частоты вращения центробежный регулятор поворачивает ротор датчика на определенный угол в сторону вращения валика распределителя. Это вызывает более раннее появление импульса первичного напряжения, вследствие чего угол опережения зажигания увеличивается.

Изменение угла опережения зажигания в зависимости от разрежения над дроссельной заслонкой (от нагрузки двигателя) осуществляется вакуумным регулятором. По мере увеличения прикрытия заслонки (при уменьшении нагрузки двигателя) разрежение возрастает, диафрагма регулятора вытягивается, поворачивая тягой подвижную пластину прерывателя в сторону увеличения угла опережения зажигания.

Основной рабочей характеристикой системы зажигания является зависимость вторичного напряжения от частоты искрообразования. Чем выше частота искрообразования, тем короче время протекания процессов накопления энергии в катушке зажигания и ее разряд. При определенных значениях параметров первичной цепи на больших частотах время нарастания первичного тока может оказаться недостаточным, и вторичное напряжение может снизиться настолько, что наступит перебой в искрообразовании.

Современная электронная база промышленности позволяет создавать надежные электронные системы зажигания с длительным сроком службы.

Вначале была разработана контактно-транзисторная система зажигания, в состав которой помимо основных элементов классической системы зажигания входит транзисторный коммутатор. Использование коммутатора позволяет снизить ток через контакты при прерывании в первичной цепи, поскольку через контакты проходит лишь малый ток, необходимый для управления транзистором. Это позволило увеличить ток в первичной цепи и напряжение во вторичной цепи, а также срок службы контактов и их надежность.

В дальнейшем для усовершенствования системы зажигания вместо контактов был применен бесконтактный датчик, вырабатывающий импульсы в строго заданные моменты времени, которые через преобразующие каскады управляют током в первичной обмотке катушки зажигания. Полностью бесконтактная система зажигания обладает большей надежностью.

По способу накопления энергии электронные системы зажигания делятся на индуктивные и емкостные. В индуктивной системе зажига-

ния вторичное напряжение образуется за счет энергии, накапливаемой в магнитном поле катушки зажигания, а в емкостной – за счет энергии в накопительном конденсаторе. При разряде конденсатора запасенная в нем энергия трансформируется во вторичный контур.

В классической системе зажигания используются катушки с автотрансформаторной связью между обмотками, у которых первичное напряжение при размыкании контактов прерывателя может достигать 400 В. Если использовать такую катушку зажигания, то транзистор должен выдерживать такое напряжение. Поэтому в транзисторных системах применяют катушки зажигания с трансформаторной связью между обмотками и повышенным коэффициентом трансформации, что обеспечивает получение требуемого вторичного напряжения при ЭДС самоиндукции первичной цепи, равной 120–160 В. При этом в качестве силового транзистора применяют высоковольтные транзисторы с допустимым обратным напряжением 120–200 В.

Реальные схемы бесконтактных систем зажигания более сложны, так как на пусковых режимах напряжение, вырабатываемое датчиком, мало и недостаточно для управления силовым транзистором. Поэтому между выходным коммутирующим каскадом и магнитоэлектрическим датчиком включаются дополнительные каскады, предназначенные для усиления и преобразования входного сигнала датчика.

Замена контактов прерывателя бесконтактным датчиком позволила исключить наиболее слабое звено контактных и контактно-транзисторных систем зажигания и тем самым обеспечить системе зажигания более высокую надежность и долговечность при меньшем объеме технического обслуживания.

В настоящее время все большее распространение получают бесконтактные системы зажигания с цифровым электронным регулированием момента зажигания (микропроцессорная система управления двигателем), которые одновременно управляют моментом и энергией искрообразования. В таких системах управление зажиганием осуществляется по оптимальным характеристикам, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя, давления во впускном трубопроводе, температуры охлаждающей жидкости, положения дроссельной заслонки карбюратора и других характеристик.

Нормальная работоспособность устройств по опережению зажигания требует постоянного контроля, поскольку отклонения от заданных параметров системы зажигания существенно снижают мощностные характеристики двигателя и увеличивают расход топлива.

Для контроля момента установки зажигания требуются автомобильный вакуумметр и тестер момента зажигания.

Установка момента зажигания для механических систем

Последовательность установки зажигания для транзисторного типа коммутатора с трамблером и механическими регуляторами угла опережения следующая:

1. Отсоединить вакуумные шланги, идущие на вакуумный регулятор, и подсоединить их к вакуумметру.

2. Запустить двигатель и оставить его работать на холостом ходу.

3. Убедиться, что один или оба шланга держат вакуум. При отсутствии вакуума найти причину и устранить.

4. Подключить вакуумные шланги к вакуумному регулятору и прогреть двигатель.

5. Отсоединить вакуумный шланг и убедиться, что вакуум в нем отсутствует.

6. Подключить тестер. Для этого необходимо подключить датчик к первой свече зажигания, стробоскоп и шнур питания к аккумуляторной батарее.

7. Измерить первоначальное время зажигания (initial timing), направив свет от стробоскопа на контрольное окно и совместить белую метку (для автомобилей HONDA) на контрольном шкиве с отливом на лобовине двигателя.

8. Отрегулировать необходимый первоначальный момент зажигания, поворачивая распределитель зажигания. Первоначальный момент зажигания для механической трансмиссии должен составлять 4° относительно верхней мертвой точки при 800 об/мин, а для автоматической трансмиссии 4° при скорости вращения 750 об/мин.

9. Закрепить распределитель зажигания и еще раз проконтролировать первоначальный момент зажигания.

10. Подсоединить вакуумные шланги и измерить момент зажигания на холостых оборотах. Для механической трансмиссии он должен быть равен $20^\circ \pm 2^\circ$ относительно верхней мертвой точки при 800 ± 50 об/мин, а для автоматической трансмиссии $15^\circ \pm 2^\circ$ при 750 ± 50 об/мин.

В случае несоответствия момента зажигания следует искать неисправности в механизме опережения зажигания распределителя.

Установка момента зажигания для электронных систем

Последовательность операций при установке момента зажигания для системы электронного зажигания следующая:

1. Запустить двигатель и дать ему прогреться до температуры, когда включится вентилятор охлаждения.

2. Соединить клеммы диагностического разъема для выключения коррекции опережения зажигания.

3. Подсоединить и привести в готовность тестер момента зажигания.

4. Установить момент зажигания в соответствии с рекомендуемым ($15 \pm 2^\circ$ при 750 ± 50 об/мин для автомобилей марки HONDA).

Последовательность операций и параметры, характеризующие систему зажигания, приведены для автомобилей фирмы «HONDA», для других типов двигателей могут отличаться.

Очистка и проверка свечей зажигания

Исходя из условий работы ДВС искра, образующаяся между электродами свечи, должна обладать достаточной энергией и продолжительностью для воспламенения рабочей смеси при всех возможных режимах работы двигателя.

Величина пробивного напряжения, согласно эмпирической зависимости, прямо пропорциональна давлению и расстоянию между электродами, обратно пропорциональна температуре смеси и зависит от состава смеси, длительности и формы приложенного напряжения, его полярности, материала электродов и условия работы двигателя.

В процессе эксплуатации пробивное напряжение повышается на 20–25% за счет округления кромок электродов, износа электродов, увеличения зазора и загрязнения свечей.

Для очистки контроля работоспособности свечей используют различные устройства. В данной работе пользуются прибором SPC-7 SPARK PLUG CLEANER & TESTER японского производства.

2. Приборы и оборудование

Для выполнения работы необходимы прибор для контроля и проверки угла опережения зажигания (стробоскоп) с тахометром, прибор для проверки и очистки свечей зажигания, автомобиль, свечи зажигания.

3. Порядок выполнения работы

1. На исследуемом автомобиле с прогретым двигателем подключить тестер момента зажигания и согласно методике измерить начальный угол зажигания на холостом ходу. В случае необходимости откорректировать его.

2. Измерить угол зажигания на 1500 и 3000 об/мин.

3. Измерить угол опережения зажигания в момент открытия дроссельной заслонки.

4. Выкрутить свечи зажигания на исследуемом двигателе и протестировать их на приборе SPC-7.

5. Протестировать свечи зажигания при увеличенном и уменьшенном относительно номинального зазором.

4. Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать:

1. Цель работы.
2. Ход работы
3. Выводы.

5. Контрольные вопросы

1. Из каких этапов состоит рабочий процесс системы зажигания?
2. Объясните характер изменения тока в первичной цепи для классической и бесконтактной систем зажигания.
3. Что подразумевается под рабочей характеристикой зажигания?
4. Напишите формулу максимального вторичного напряжения батарейного зажигания.
5. Объясните назначение конденсатора в первичной цепи.
6. Чем отличается контактно-транзисторная система зажигания от обычной?
7. Каковы конструктивные особенности катушки зажигания, распределителя, добавочного сопротивления электронной системы зажигания от обычной?
8. Каково назначение центробежного и вакуумного регулятора опережения зажигания?
9. Поясните назначение октан-корректора.
10. Что называется пробивным напряжением?
11. Каково максимальное значение тока разрыва?
12. Поясните, чем обусловлены преимущества электронной системы зажигания и в чем они заключаются.
13. Как определить исправность свечей зажигания?
14. Какие факторы обуславливают выбор типа свечей зажигания для конкретного двигателя?
15. Объясните правила маркировки свечей зажигания.

Лабораторная работа 6

Изучение основных характеристик датчиков системы электронного впрыска топлива

Цель работы. Изучение устройства и принципов работы датчиков. Получение навыков измерения параметров датчиков. Работа с измерительными приборами, а также получение знаний об устранении элементарных неисправностей систем, связанных с такими датчиками.

1. Общие положения

Датчики электронного впрыска с основным параметром – сопротивление представляют собой устройства, основанные на электронных компонентах – резисторах различных типов. Чаще всего в датчиках используются резисторы следующих типов: терморезисторы (датчики температуры); переменные резисторы (датчики положения механических элементов); тензорезисторы (датчики давления, в т.ч. и интеллектуального типа).

Терморезисторы

Терморезисторы – это электронные компоненты, изменяющие сопротивление в зависимости от температуры. Различают терморезисторы с положительным и отрицательным температурным коэффициентом, или иначе с прямой или обратной температурной зависимостью. Прямая зависимость означает, что сопротивление датчика увеличивается с ростом температуры, обратная – означает уменьшение сопротивления с ростом температуры. Данная характеристика зависит от материала в основе терморезистора. Наиболее распространены датчики с отрицательным коэффициентом или с обратной зависимостью. Такие датчики обычно используют для измерения температуры воздуха или охлаждающей жидкости в системах электронного впрыска или кондиционирования. Элементы с прямой зависимостью используются реже и в основном в составе сложных датчиков. Работают они чаще всего в областях высоких температур.

На рисунке 6.1. приводится конструкция простого датчика температуры. Как видно, сам датчик достаточно компактен по размерам, но помещен в корпус с установочной резьбой и контактным разъемом. Для датчиков температуры воздуха обычно используют пластиковые тонкостенные корпуса для уменьшения теплоемкости корпуса и увеличения быстродействия датчика. Датчики температуры жидкости (охлаждающей) помещаются в металлический герметичный корпус, который сам представляет герметичную пробку для жидкостного канала. Некоторые датчики используют один вывод (второй соединен с корпусом).

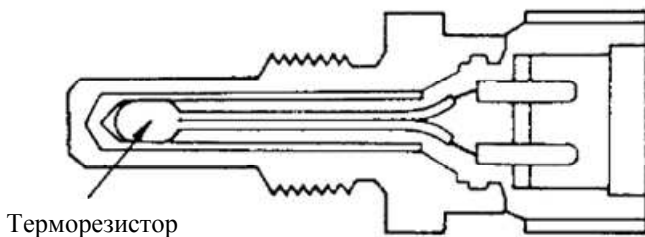


Рис. 6.1. Конструкция датчика температуры

На рис. 6.2 приводится график характеристики датчика температуры охлаждающей жидкости автомобилей TOYOTA. Это датчик с обратной зависимостью и с достаточно большим диапазоном измерений.

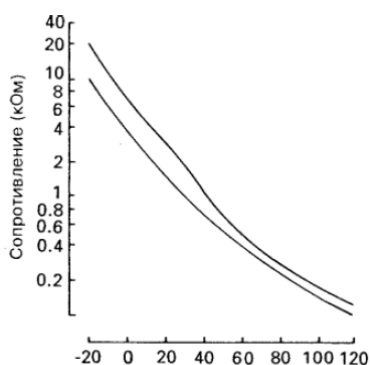


Рис. 6.2. Зависимость сопротивления датчика Toyota от температуры

Диапазон сопротивлений датчика специально выбран в пределах от 200 Ом до 20 кОм. Этот диапазон одинаково далек от сопротивления проводки с возможными нарушениями контактов и от обрыва цепи, т.е. цепь датчика защищена от искажений показаний. В случае обрыва или замыкания система самодиагностики легко определяет неисправность.

Переменные резисторы

Переменные резисторы – это электронные элементы, меняющие сопротивление в зависимости от положения подвижного элемента. Переменные резисторы, таким образом, удобно использовать в качестве датчиков положения подвижных элементов. Типичным применением датчика с переменным резистором является датчик положения дроссельной заслонки. В более новых автомобилях это может быть датчик положения педали газа (с сервоприводом заслонки). В некоторых дат-

чиках положения заслонки имеются дополнительные контакты для фиксации положения холостого хода (полностью закрытая заслонка).

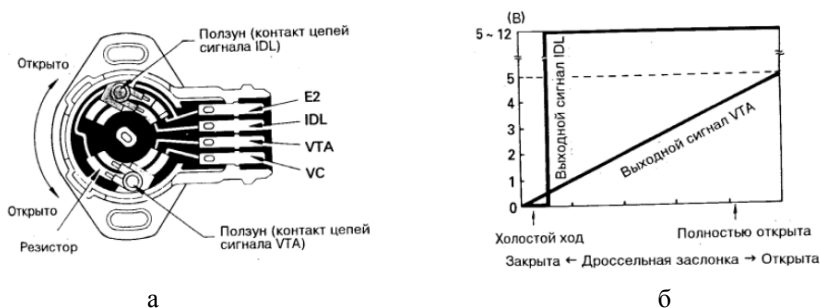


Рис. 6.3. Датчик положения дроссельной заслонки автомобиля TOYOTA и его характеристика: а – конструкция датчика положения дроссельной заслонки; б – характеристика положения дроссельной заслонки

На рисунке 6.3(а и б) представлен датчик положения дроссельной заслонки автомобиля TOYOTA и его характеристика. Как видно, характеристика основного датчика практически линейная, что определяется свойствами напыления переменного резистора. Выходной сигнал имеет характеристику переменного напряжения, что обусловлено схемой включения.

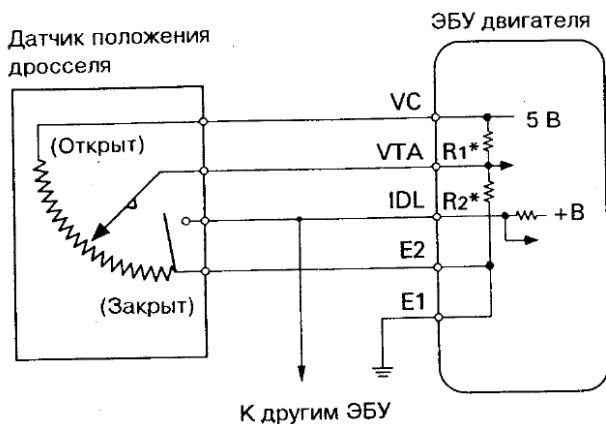


Рис. 6.4. Схема включения датчика положения дроссельной заслонки

Датчик положения дроссельной заслонки конструктивно расположен напротив привода заслонки на входе во впускной коллектор. Креп-

ления датчика позволяют регулировать его начальную установку в пределах нескольких градусов. При сборке системы после ремонта или при настройке очень важно правильно установить датчик. Независимо от того, имеется ли отдельный контакт холостого хода или нет, система управления двигателем фиксирует положение Х.Х. и выбирает отдельный режим работы Х.Х. Неправильная установка начального положения датчика может привести к различным неисправностям, как:

- «плавание» оборотов Х.Х.;
- остановка двигателя при резком сбрасывании газа;
- неустойчивая работа под нагрузкой на Х.Х. (включена АКП, кондиционер).

Датчик должен устанавливаться так, чтобы при полностью отпущенной педали газа его показания классифицировались системой как положение холостого хода, а контакт IDL был замкнут (низкий уровень сигнала). Затем датчик поворачивается на некоторую величину по ходу заслонки, чтобы обеспечить зону режима Х.Х., в пределах которой при нажатии на газ блок управления не будет менять режим. Для правильной установки датчика, особенно не имеющего контакта IDL, существуют специальные таблицы параметров, приводимые в фирменных руководствах по ремонту или общих справочниках регулировочных параметров электронных систем. В дальнейшем (после правильной установки) при эксплуатации автомобиля положение датчика менять не следует (например ради настройки АКП).

Тензорезисторы (датчики давления)

Тензорезистор – это электронный компонент, меняющий электрические характеристики (проводимость) при механических деформациях. Конструктивно тензорезисторы представляют собой жесткие пластины (основу) с нанесенным пленочным покрытием на изолирующем слое. Материал напыления может быть различным. Например, в современных датчиках давления топлива в системах непосредственного впрыска используются полисиликоновые сопротивления на подложке из диоксида кремния SiO₂ (изолятор). Так как тензодатчики сильно подвержены влиянию температуры, их сопротивления соединяют по мостовой схеме, практически исключая влияние. Для усиления сигнала и исправления нелинейностей в датчиках используют встроенные схемы преобразования (интеллектуальные датчики).

На рисунке 6.5 показано устройство датчика абсолютного давления впускного коллектора автомобилей HONDA. Датчики других автомобилей практически ни чем не отличаются от показанного, кроме внешнего корпуса.



Рис. 6.5. Конструкция датчика абсолютного давления (MAP)

На рисунке 6.6 (а и б) показаны схема включения датчика в цепь управления и выходная характеристика датчика. Датчик содержит внутри микросхему преобразования и выдает сигнал в виде изменяемого напряжения примерно от 1 до 4 вольт.

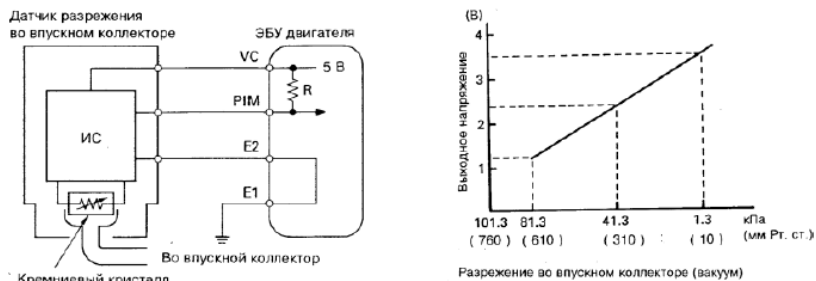


Рис. 6.6. а – схема включения датчика абсолютного давления коллектора; б – характеристика датчика MAP

2. Приборы и оборудование

Для выполнения данной лабораторной работы необходимы датчики: температуры, положения дроссельной заслонки, датчик давления впускного коллектора. А также мультиметр, регулируемый источник питания, нагревательное устройство, термометр, устройство для создания вакуума.

3. Методика проведения работы

В ходе работы необходимо изучить конструкцию, расположение и произвести замеры характеристик 3-х датчиков.

Часть 1. Температурный датчик

1. Опустить датчик и термометр в емкость с водой комнатной температуры.
2. Произвести измерение сопротивления датчика при помощи цифрового мультиметра.
3. Нагревая воду измерять сопротивление датчика с шагов в 5°C : 20, 25, 30... 80°C .
4. Полученные данные занести в таблицу:

Температура жидкости, $^{\circ}\text{C}$	Сопротивление датчика, кОм

5. По данным измерений построить график. При построении графика полученную зависимость следует продолжить до значения -20°C .
6. По графику сделать вывод о температурном коэффициенте датчика.

Часть 2. Датчик положения дроссельной заслонки

1. С помощью гибкого тросика поворачивать дроссельную заслонку с шагом в 5 мм.
2. Через каждые 5 мм проводить замер сопротивления датчика с помощью цифрового мультиметра.
3. Полученные данные занести в таблицу:

Смещение тросика, мм	Сопротивление датчика, кОм

4. Перевести линейное смещение тросика в угол поворота дроссельной заслонки, принимая начальное положение за 5° , а конечное за 90° .
5. Построить график зависимости сопротивления датчика от угла поворота дроссельной заслонки, принимая напряжение питания датчика за 5В.

Часть 3. Датчик давления коллектора

1. Подать на датчик напряжение 5В, используя регулируемый источник питания.

2. Измерить напряжение на выходе датчика, создавая разрежение и измеряя его с помощью вакуумметра с шагом в 5кПа до значения 40кПа. Начальное измерение производить при атмосферном давлении. Поскольку датчик предназначен не для измерения вакуума, а для измерения абсолютного давления, таблица и график характеристики строятся именно на базе абсолютных давлений.

3. Полученные данные занести в таблицу:

Абсолютное давление, кПа	Выходное напряжение, В

4. Построить график зависимости выходного напряжения от входного давления.

4. Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать:

1. Наименование марки и модели автомобиля, от которого используется датчик.
2. Внешний вид датчика, форму разъема и назначение выводов.
3. Описание хода работы.
4. Таблицы и графики из соответствующих частей работы 1–3.

5. Контрольные вопросы

1. Виды датчиков, использующих резисторы в конструкции.
2. Применение терморезисторов.
3. Применение переменных резисторов.
4. Применение тензорезисторов.
5. Что такое интеллектуальный датчик?
6. Неисправности, вызываемые неправильной установкой датчика положения дроссельной заслонки?
7. Что такое температурный коэффициент?
8. Зависимость между вакуумом во впускном коллекторе и абсолютным давлением, измеряемым датчиком?
9. Какова причина погрешности датчика MAP в высокогорных районах?
10. Внутреннее устройство датчиков давления.

Лабораторная работа 7

Изучение характеристик датчика кислорода

Цель работы. Закрепить теоретические знания по кислородным датчикам, научиться идентифицировать кислородный датчик в системе двигателя, получить навыки диагностики λ -зонда и навыки работы с измерительными приборами.

1. Общие понятия

Кислородный датчик или λ -зонд («лямбда-зонд») предназначен для определения содержания кислорода в отработанных газах и размещается в выпускном коллекторе недалеко от выпускных клапанов. Это обусловлено тем, что λ -зонд работоспособен при высокой температуре (от 300 до 600°C), которая достигается только непосредственно на выходе двигателя. Чаще всего данный датчик размещают в месте соединения выходных патрубков в один выхлопной коллектор. На некоторых автомобилях устанавливают второй λ -зонд после катализатора. Он отслеживает состояние катализатора и старение основного λ -зонда. Кислородный датчик является ключевым датчиком в системе обратной связи управления подачей топлива в современных системах впрыска. λ -зонд изначально сконструирован таким образом, что идеальное стехиометрическое соотношение топливо/воздух (14,5:1) соответствует примерно средним показаниям датчика. Система управления двигателем стремится все время поддерживать оптимальную смесь, однако из-за инерционности системы и погрешностей измерений этого трудно достичь. Кратковременные изменения состава газовой смеси могут привести (и приводят) к изменению показаний датчика. Поэтому скорость реакции системы искусственно занижена. Фактически блок управления цикл за циклом увеличивает обогащение смеси, пока датчик не покажет явно богатую смесь. Тогда начинается процесс снижения обогащения смеси до устойчивых показаний бедной смеси. Таким образом, система все время совершает колебания вокруг оптимального значения. Такой режим работы блока электронного впрыска называется λ -регулированием или «замкнутым циклом». В настоящее время в автомобилях используются λ -зонды двух принципиально разных типов: 1 – на основе диоксида циркония (платино-циркониевый электрод); 2 – на основе титана. Принципы работы датчиков, их подробное устройство, причины возникновения неисправностей и методы замены и ремонта рассматриваются детально в лекционном материале.

Краткая характеристика обоих типов датчиков. Циркониевый датчик сам является генератором напряжения. Его выходной сигнал зависит от качества смеси и колеблется в пределах от 0 до 1 В. График зависимости напряжения от качества смеси достаточно пологий. Титановый

датчик не является генератором напряжения, а меняет свое сопротивление в зависимости от качества смеси от <1 кОм при богатой смеси до более 20 кОм при бедной. Переключение происходит скачкообразно, т.е. датчик работает в ключевом режиме. От типа датчика зависит соответственно и схема его включения. Циркониевый датчик подключается к блоку управления как источник напряжения, а титановый как нагрузка для внутреннего источника опорного напряжения.

Схемы включения циркониевого и титанового датчиков приведены на рис. 7.1 (а и б). Как видно из схем, выходные сигналы датчиков поступают внутри блока управления на компаратор с опорным напряжением 0,45 В (схема автомобилей TOYOTA). Таким образом, плавность характеристики циркониевого датчика не играет для ЭБУ ни какой роли – компаратор выдает только 2 состояния – «бедная смесь» и «богатая смесь».



Рис. 7.1. а – схема включения циркониевого кислородного датчика;
б – схема включения титанового кислородного датчика

Виды датчиков по подключению

Кислородные датчики бывают одно-, двух-, трех- и четырехпроводные. Датчики с одним и двумя проводами не содержат нагревательного элемента, с тремя и четырьмя проводами – содержат нагревательный элемент.

На рисунке 7.2. приведен двухпроводный датчик (второй провод – заземление). Такой датчик имеет бесспорное преимущество перед однопроводным, так как качество контакта с корпусом имеет большое значение для правильной работы датчика. Однопроводный датчик контактирует с корпусом через резьбовое соединение с выхлопным коллектором, через соединение коллектора с двигателем, а затем через заземление двигателя.



Рис. 7.2. Двухпроводной кислородный датчик

На рисунке 7.3 приведен трехпроводный кислородный датчик, содержащий нагревательный элемент. Нагреватель подключается через белые провода (полярность значения не имеет). Датчик с нагревателем начинает работать значительно раньше (при достижении температуры 300оС), независимо от прогрева двигателя.

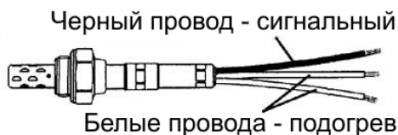


Рис. 7.3. Трехпроводной кислородный датчик.

Четырехпроводный кислородный датчик (рис. 7.4) сочетает преимущества нагрева и отдельного контакта с корпусом. Таким образом, четырехпроводный датчик может считаться самым совершенным на сегодняшний день.



Рис. 7.4. Четырехпроводной кислородный датчик.

Следует отметить, что подогрев встречается не всегда на циркониевых датчиках и обязательно на титановых, так как титановые особо чувствительны к температуре. Также титановые датчики (сам измерительный элемент) должны быть двухпроводными, так как их схема включения не предусматривает контакта датчика с корпусом.

Старение кислородных датчиков

Подробно причины старения кислородных датчиков и изменение их характеристик рассматриваются в лекционном материале. Здесь приведены примеры контрольных осциллограмм датчиков – от полностью работоспособного (рис. 7.5, а), до полностью вышедшего из строя (рис. 7.5, г).

Естественно, что на приведенных рисунках отражены лишь варианты поведения датчика, выходящего из строя. Например, химическое «отравление» внешнего электрода вообще приводит к остановке ионного обмена. Такой датчик не будет выдавать напряжения на выходе. Поведение работоспособного датчика также зависит от метода испытаний. Некоторые системы впрыска меняют качество смеси в режиме замкну-

того цикла достаточно плавно, что не позволяет судить о скорости реакции датчика.

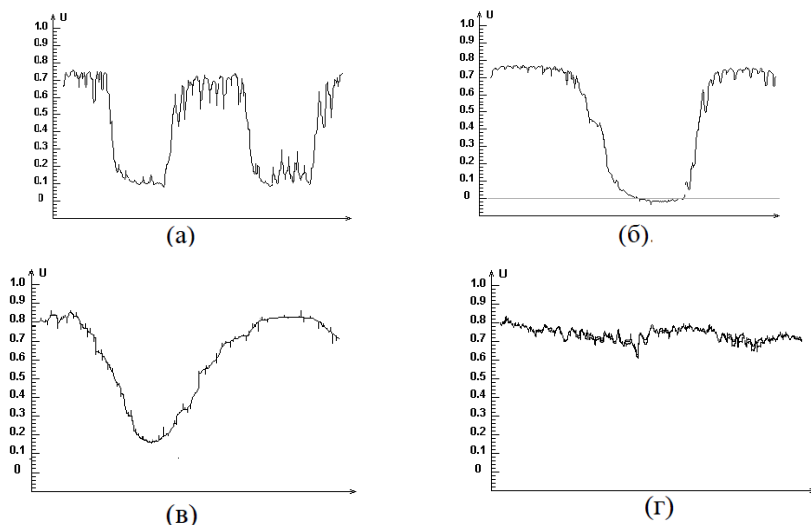


Рис. 7.5. а – полностью исправный кислородный датчик; б – датчик с первыми признаками старения; в – датчик с существенными признаками старения; г – неисправный датчик

2. Приборы и оборудование

Для выполнения работы понадобится автомобиль с установленными на нем датчиком кислорода и осциллограф или мотор-тестер с функцией осциллографа.

3. Методика проведения работы

Выполняя работу, следует соблюдать меры предосторожности и правила для диагностики кислородных датчиков.

Меры предосторожности

1. Не отключайте разъем датчика при заведенном двигателе или включенном зажигании.
2. Не используйте для измерений стрелочный (аналоговый) мультиметр.
3. Не допускайте замыкания на корпус или общий «+» питания сигнального выхода циркониевого датчика или питающего и сигнального выходов титанового датчика.
4. Проверка должна производиться на прогретом двигателе при оборотах нормального Х.Х. + 1200.

5. Так как измерения производятся вблизи горячих деталей, следует избегать их касания.

6. При измерениях осциллографом корпус прибора и корпус автомобиля должны заземляться.

В ходе работы изучается представленный образец датчика, установленный на рабочий автомобиль и подключенный к системе.

1. Определить типа датчика. Определение типа датчика следует начинать с внешнего осмотра. Датчик с любым количеством выходов, кроме 4-х, не может быть титановым, так как титановый обязательно требует нагрева. Далее следует выяснить, какие провода относятся к нагревателю и исключить их из дальнейших исследований. Определить, что датчик титановый можно по наличию опорного напряжения 1 В (относительно корпуса) на одном из входов при включении зажигания и некоторого низкого напряжения на втором входе (это в действительности выходной сигнал).

У циркониевого датчика один из выходов (4-проводный датчик) должен быть соединен с корпусом автомобиля. Это следует проверять при выключенном зажигании и при снятом разъеме датчика со стороны проводки автомобиля (не на датчике). Оставшийся провод (должен быть черный) и является сигнальным. На сигнальном проводе циркониевого датчика появляется напряжение менее 0,9 В, но более 0,2 В при запуске двигателя, даже если разъем датчика отключен. Проще всего отличать датчики именно по наличию или отсутствию неизменного опорного напряжения 1В на одном из выводов, кроме подогрева. Датчики с выводами менее 4-х можно автоматически относить к циркониевым.

2. Выполнить тестирование датчика с помощью осциллографа. Тестирование датчика проводится с помощью осциллографа. Наилучшие результаты достигаются с применением цифрового осциллографа или приставки к персональному компьютеру. Применение цифрового прибора обусловлено необходимостью наблюдать за достаточно медленными процессами, но с хорошим разрешением по времени и одновременно широким диапазоном напряжений. Для наблюдения за изменением показаний датчика в режиме замкнутого цикла необходимо устанавливать временную шкалу прибора на значение 50-100 мс/дел. При таком разрешении луч на аналоговом осциллографе становится видимым глазом и практически не оставляет полосы засветки на экране. Цифровой осциллограф позволяет рисовать график характеристики независимо от временного разрешения. Компьютерный осциллограф-приставка позволяет рассматривать характеристику датчика на большом экране и делать выводы о скорости реакции по данным в памяти. В ходе работы проведение снятия показаний датчика в режиме замкнутого цикла, а также проверьте реакцию на резкое увеличение или уменьшение обогащения смеси. Вызвать такие процессы в двигателе можно резким нажатием на

газ (ЭБУ производит дополнительный впрыск топлива) и резким отпусканием педали газа (ЭБУ прерывает подачу топлива на несколько циклов). Сделайте выводы о работоспособности датчика по скорости реакции и по минимальному и максимальному напряжениям (должно быть ниже 0,2В и выше 0,7В соответственно).

4. Протокол отчета

Отчет по работе должен содержать:

1. Данные автомобиля (марка, год, двигатель).
2. Тип датчика и обоснование определения типа.
3. Минимальное и максимальное напряжение датчика.
4. Время реакции на резкое изменение качества смеси.
5. Снимки экрана осциллографа.
6. Вывод о работоспособности датчика.

5. Контрольные вопросы

1. Что называется кислородным датчиком?
2. Какое второе название кислородного датчика и почему оно возникло?
3. Типы кислородных датчиков?
4. Объясните схемы включения датчиков различных типов.
5. Объясните основные меры предосторожности при тестировании датчиков.
6. Объясните причину, по которой нельзя использовать аналоговый мультиметр для тестирования кислородных датчиков.
7. Объясните основные причины старения кислородных датчиков.
8. Объясните суть понятия «замкнутый цикл».
9. Объясните преимущества и недостатки датчиков с различным количеством проводов и с подогревом и без.
10. Объясните причину расположения кислородного датчика вблизи выпускных каналов двигателя.

Лабораторная работа 8

Изучение характеристик датчиков массового расхода воздуха

Цель работы: научиться идентифицировать датчик такого типа в системе двигателя, получить навыки диагностики расходомера воздуха и навыки работы с измерительными приборами.

1. Общие понятия

Датчики массового расхода воздуха преобразуют массу воздушного потока в определенный выходной сигнал напрямую, не прибегая к дополнительным вычислениям и коррекциям. Одной из разновидностей датчиков массового расхода воздуха является термоанемометрический датчик. В основу датчика положен принцип компенсационного нагрева определенного элемента датчика, охлаждаемого воздушным потоком. Нагрев называется компенсационным, так как элемент датчика нагревается только до определенной температуры относительно проходящего воздуха. Энергия тратится на восстановление температуры элемента, охлаждаемого воздушным потоком. Чем больше проходящий воздушный поток, тем сильнее он охлаждает термоэлемент датчика и тем больше требуется энергии на компенсационный нагрев. Электронная часть датчика измеряет как раз потребляемую на нагрев энергию. При этом соблюдается условие поддержания постоянной относительной температуры термоэлемента датчика. Конструктивно датчик представляет собой цилиндр с натянутой внутри платиновой нитью и помещенным в центре терморезистором. Нить играет роль одновременно и нагревателя, и датчика собственной температуры. Диаметр нити около 70 мкм. Терморезистор служит для измерения температуры проходящего воздуха. Эта температура является базовой величиной для нагрева нити. Платиновая нить имеет прямую зависимость сопротивления от температуры (положительный температурный коэффициент). При остывании нить теряет сопротивление, соответственно падение напряжения на ней уменьшается.

На рисунке 8.1 показан общий вид конструкции датчика массового расхода воздуха с термоэлементом на основе платиновой нити. Нить натянута внутри корпуса чувствительного элемента и лежит целиком в плоскости, перпендикулярной оси корпуса. Оба конца нити соединены с электрическими контактами в верхней части сборки чувствительного элемента. Платиновая нить и терморезистор соединены в одну аналоговую схему управления, построенную на основе операционного усилителя. Электрически схема нагревателя и терморезистора датчика пред-

ставляет собой мост Уилсона. Причем терморезистор и нагреватель (нить) включены в разные плечи моста. Падение сопротивления нити приводит к разбалансированию моста и появлению напряжения между контрольными точками. Это напряжение подается на усилитель, питающий схему, что приводит к повышению напряжения питания и протекающего тока и позволяет восстанавливать температуру нити до требуемого уровня. Выходной сигнал снимается с прецизионного резистора $R_{\text{вых}}$. Изменение тока, протекающего через нить, приводит к изменению напряжения на резисторе.

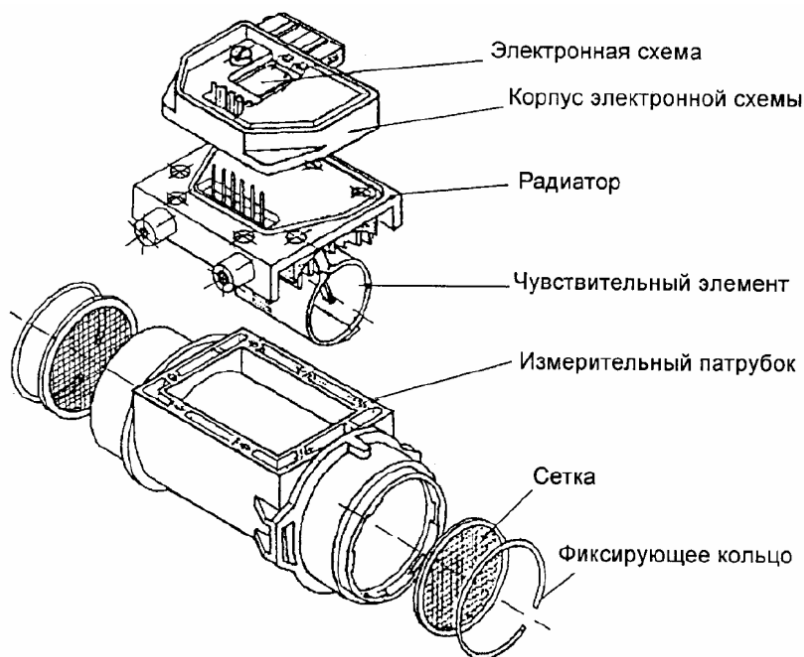


Рис. 8.1. Конструкция датчика массового расхода воздуха.

На рис. 8.2 приведена электрическая схема датчика расхода воздуха. Как видно, схема состоит из 2-х основных частей: электрического резисторного моста и операционного усилителя. Левое плечо моста включает терморезистор ($R_{\text{тр}}$), делитель (R_1 и R_2), предназначенный для настройки баланса моста. Правое плечо включает саму нить (R_n) и выходной резистор ($R_{\text{вых}}$). Более подробно работа расходомера, варианты устройства управляющей схемы, а также неисправности датчиков такого типа рассматриваются в лекционном материале.

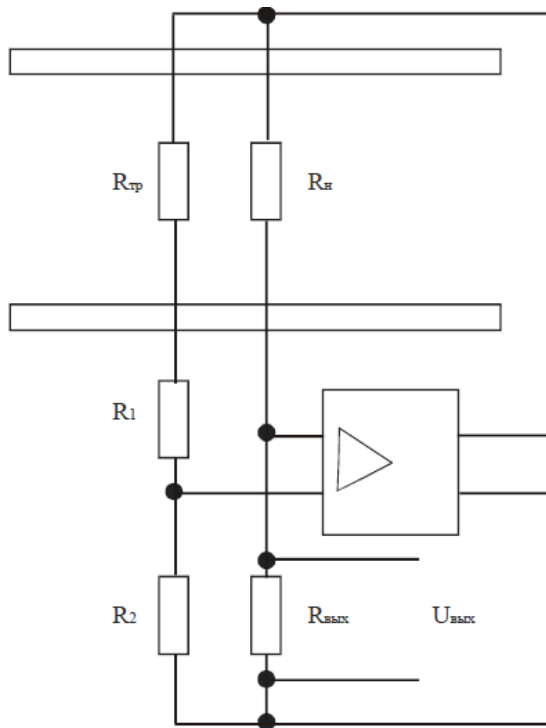


Рис. 8.2. Электрическая схема датчика массового расхода воздуха.

2. Оборудование и материалы

Для выполнения работы понадобится автомобиль с установленным на нем датчиком массового расхода воздуха, измерительная аппаратура (цифровой мультиметр) и регулируемый источник питания.

3. Порядок выполнения работы

Часть 1. Выполняется на автомобиле

1. Определить расположение датчика в системе питания двигателя. Типичным местом расположения датчика массового расхода является воздуховод от воздушного фильтра до воздушного коллектора электронного впрыска. Датчик легко определяется по электрическому разъему на корпусе.

2. Проверить работу системы самоочистки датчика. Самоочистка датчика осуществляется при выключении зажигания и представляет собой прокаливание нити нагрева в течение короткого времени. Визуально это заметно при отсоединении датчика от патрубка воздушного фильтра.

3. Замерить характеристику датчика. Замер характеристики датчика осуществляется цифровым мультиметром или осциллографом. Для замера необходимо соединить вход «земля» прибора с корпусом автомобиля и обнаружить сигнальный провод на выходном разъеме датчика. Характеристики снимаются в зависимости от оборотов двигателя. Пренебрегая изменяющимся сопротивлением воздушного фильтра и воздуховода, а также коэффициентом наполнения цилиндров, можно приблизительно считать, что поток воздуха пропорционален оборотам двигателя. Для понимания зависимости сигнала датчика от потока воздуха этого вполне достаточно. Результаты измерений заносятся в таблицу:

№ замера	Обороты двигателя	Выходной сигнал, В

Измерения производятся через каждые 500 об/мин, начиная с 1000.

Часть 2. Выполняется на снятом датчике

1. Изучить внутреннее устройство датчика. Изучение внутреннего устройства датчика и измерение характеристики нити нагрева производится на специальном стенде. Стенд представляет собой разобранный датчик с измерительными приборами и источником питания.

2. Составить зависимость сопротивления нити нагрева от мощности нагрева, которая определяет температуру нити, и убедиться в том, что температурный коэффициент нити является положительным. С датчика снимается схема управления и открывается контактная колодка непосредственно нити нагрева и терморезистора. Амперметр подключается в цепь питания нити. С помощью регулятора источника питания изменяется подаваемое на нить напряжение и соответственно мощность. Мультиметром замеряется падение напряжения на нити, амперметром – протекающий ток. Согласно закону Ома, при таких измерениях на обычном сопротивлении (резисторе) получилась бы абсолютно линейная зависимость. Однако нить меняет сопротивление при нагреве, поэтому характеристика V-A получится нелинейная. По данным напряжения и тока вычисляется потребляемая мощность нагрева и сопротивление нити в каждой точке. Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу:

№ замера	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт	Сопротивление нити, Ом

3. По полученным данным построить 2 графика:
 - вольт-амперная характеристика (V-A);
 - зависимость сопротивления от мощности нагрева.

4. Протокол отчета

Отчет по работе должен содержать:

1. Данные автомобиля и схему расположения датчика в подкапотном пространстве.
2. Указание измерительного прибора для снятия показаний датчика и выбранный диапазон измерений.
3. Таблицу зависимости показаний датчика от оборотов двигателя.
4. Схему расположения контактов внутренней колодки датчика при снятой схеме управления и электрическую схему подключения нити нагрева к измерительным приборам.
5. Таблицу результатов измерений характеристик нити нагрева.
6. Графики зависимости характеристики V-A и сопротивления от мощности нагрева.
7. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Что называется датчиком массового расхода воздуха (ДМР)?
2. В чем преимущество ДМР перед другими методами измерения воздушного потока?
3. Где расположен ДМР в подкапотном пространстве автомобиля?
4. Что является выходным сигналом ДМР и как он изменяется в зависимости от измеряемой величины?
5. Какой элемент является основой ДМР?
6. Что представляет собой электрическая схема датчика?
7. Что такое температурный коэффициент и как он влияет на работу ДМР?
8. Какую роль играет терморезистор в измерительном патрубке датчика?
9. Что представляет собой функция самоочистки нити нагрева?
10. Какие факторы влияют на преждевременный выход ДМР из строя?

Лабораторная работа 9

Изучения методов диагностики бортовых электронных систем с помощью сканера

Цель работы. Закрепить теоретические знания по методам диагностики электронных систем с помощью сканеров, приобрести практические навыки подключения сканеров к разъему OBD-II, научиться использовать поток данных (Data Stream) бортовой системы и навыки обращения со сканерами бортовых систем профессионального и общего назначения.

1. Общие положения

Большинство современных электронных систем имеют цифровой канал связи с внешними диагностическими приборами. Приборы для обмена информацией с бортовыми системами и обработки такой информации принято называть сканерами или тестерами бортовых систем. Сканеры могут быть универсальными для различных систем и для различных марок автомобилей, а также узкоспециальными для одной марки автомобиля и для конкретной системы. Также сканеры могут различаться по классу от профессиональных до общего назначения. Сканеры общего назначения предназначены для использования как специалистами в автосервисе, так и самими водителями автомобилей. Функции таких сканеров ограничиваются сигнализацией о наличии неисправности и считыванием кода в цифровом виде (без расшифровки). На некоторых моделях предусмотрена функция стирания кодов из памяти бортового блока управления, но она не всегда корректно работает. Кроме того, такие сканеры предназначены в основном только для работы с системой управления двигателем. Сканеры профессионального класса выполняют следующие функции:

1. Сигнализацию о наличии неисправности.
2. Индикацию обмена данными с бортовой системой.
3. Автоматическое определение протокола обмена.
4. Подключение к бортовым системам с различными протоколами обмена данными в пределах стандарта OBD-II, для чего имеют в комплекте переходники к различным маркам автомобилей.
5. Расшифровку кодов неисправностей в текстовое описание.
6. Стирание кодов неисправностей и инициализацию блока управления.
7. Просмотр потока данных в реальном времени в различных режимах представления данных.
8. Построение графиков параметров из потока данных.
9. Отслеживание показаний кислородного датчика.
10. Программирование отдельных параметров и режимов.

11. Имитация неисправностей (запись кодов).

12. Сохранение данных тестирования автомобиля (фирменные сканеры).

Профессиональные сканеры делятся на фирменные и мультимарочные. Фирменные сканеры отличаются специализацией на определенной марке автомобилей, а иногда и на определенной модели. Их функции значительно расширены вплоть до полного перепрограммирования блока управления, но применение ограничено «родной» маркой. Соответственно мультимарочные сканеры не ограничены одной маркой или моделью, но их функциональный набор ограничен основными сервисными задачами. Чаще всего мультимарочные сканеры способны получать информацию из потока данных (Data Stream) системы и обрабатывать эту информацию любым доступным методом (зависит от программы сканера). Обратное воздействие ограничивается стиранием кодов диагностики. Современные сканеры бортовых систем (в основном после 2000 г.) ориентированы на работу в соответствии со стандартом OBD-II. Подробнее причины введения этого стандарта и его содержание рассматриваются в лекционном материале. Здесь приводятся лишь самые общие сведения по подключению к диагностическому разъему и определению протокола обмена. Диагностический разъем стандарта OBD-II имеет специфичную форму и легко отличается от других диагностических или опциональных разъемов в системе автомобиля.

Расположение разъема OBD-II подчиняется нескольким принципам, пользуясь которыми его нетрудно найти:

- располагается внутри салона автомобиля;
- легко доступен;
- располагается ниже уровня рулевой колонки;
- может быть расположен со стороны водителя или пассажира;
- разъем может быть закрыт пластиковой заглушкой с надписью «OBD-II»;
- размеры заглушки и самого разъема примерно 40×15 мм;
- имеет 16 контактов (2 ряда по 8) и скошенные боковые грани;
- цвет пластиковой основы разъема – белый или серый.

На рис. 9.1 показан общий вид разъема OBD-II. Стрелками указаны контакты, по наличию или отсутствию которых можно судить об используемом протоколе обмена (разновидность стандарта OBD-II). Контакты разъема выполнены в виде металлических пластин. Их отсутствие или наличие легко заметно визуально. Контакты, не помеченные стрелками, также могут отсутствовать в разъеме, если они не нужны для используемого в данной версии протокола.

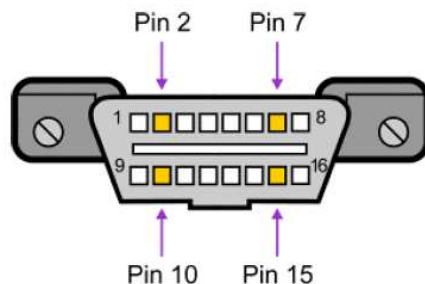


Рис. 9.1. Вид разъема OBD-II

Признаки используемых протоколов приведены в таблице:

Pin 2	Pin 7	Pin 10	Pin 15	Протокол
Должен быть	---	Должен быть	---	J1850 PWM
Должен быть	---	---	---	J1850 VPW
---	Должен быть	---	Может быть	ISO9141/14230

В российских, японских и большинстве европейских автомобилей используется последний протокол ISO9141. Поэтому, скорее всего, при проведении реальной диагностики придется иметь дело с ним. Как видно из таблицы, для протокола ISO9141 обязательно необходимо наличие контакта №7 разъема. Это обуславливается тем, что 7-й контакт является основным контактом, передающим данные между автомобилем и сканером. Он представляет двунаправленную сигнальную линию «K-Line», передающую данные и от сканера к автомобилю, и обратно. Устройство линии K-Line рассматривается подробно в лекционном материале.

Контакт №15 представляет собой линию «L-Line», являющуюся дополнением K-Line и передающую только сигнал готовности к приему данных. Большинство современных моделей бортовых контроллеров обходятся без сигнала L-Line. Однако может практически встретиться автомобиль с установленным контактом 15 и не поддающийся диагностике, если сканер не использует этот контакт, или если переходник от шины сканера к автомобилю выполнен для более поздних версий и аппаратно не передает сигнал L-Line. Коды неисправностей, сохраняемые контроллером и передаваемые в стандарте OBD-II сканеру также имеют

определенный формат и рекомендованную кодировку. Стандартный код неисправности должен состоять из 5-ти значащих позиций:

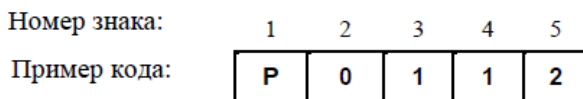


Рис. 9.2. Структура кода неисправности OBD-II

1-я позиция определяет категорию кода. Всего предусмотрено 3 категории для неисправностей внутри автомобиля:

«P» – неисправности двигателя и трансмиссии;

«B» – неисправности электронных систем кузова (салон, свет, микроклимат);

«C» – неисправности шасси (рулевое управление, подвеска и т.д.);
 Могут встретиться и другие обозначения категории неисправности, введенные дополнительно в систему автомобиля или сканер, например, ошибки связи или получения данных сканером (категория «U»).

2-я позиция кода указывает на стандарт кода:

«0» – код, предусмотренный стандартом OBD-II;

«1» – код производителя автомобиля.

3-я позиция указывает тип неисправности:

«1» или «2» – неисправности топливной системы или подачи воздуха;

«3» – система зажигания;

«4» – контроль выхлопа;

«5» – система холостого хода;

«6» – неисправности внутри контроллера или в выходных цепях;

«7» и «8» – неисправности трансмиссии.

4-я и **5-я** позиции указывают номер самой неисправности.

В таблице 9.1. приведены примеры кодов неисправностей с их расшифровкой согласно стандарту.

Таблица 9.1

Коды неисправностей и их расшифровка

Код	Расшифровка
1	2
P0102	Низкое напряжение датчика массового расхода воздуха
P0151	Напряжение кислородного датчика выходит за нижнюю допустимую границу

1	2
P0222	Низкое напряжение датчика положения дроссельной заслонки
P0300	Отмечаются периодические спонтанные пропуски зажигания
P0401	Обнаружена неправильная рециркуляция выхлопных газов
P0500	Обнаружена неисправность датчика скорости автомобиля
P0720	Неисправность датчика оборотов выходного вала трансмиссии

2. Оборудование

Для выполнения работы необходимы автомобиль и 2 сканера разных классов.

3. Порядок проведения работы

Меры предосторожности:

1. Подключение кабеля сканера к разъему осуществлять при выключенном сканере и ключе зажигания в положении «Off».
2. Сначала производится включение и загрузка сканера, а затем запуск двигателя автомобиля.
3. До запуска двигателя убедитесь, что трансмиссия выключена.
4. Кабель сканера должен проводиться в салон автомобиля через открытое окно, но не через дверной проем, так как случайное закрывание двери ведет к повреждению кабеля.
5. Внесение неисправности в автомобиль может производиться только преподавателем или учебным мастером.
6. Не допускается включение трансмиссии и движение на автомобиле внутри лаборатории или бокса.
7. Отключение сканера производится в порядке обратном включению. При отсоединении разъема недопустимо тянуть за сигнальный провод.

Ход работы

В ходе работы необходимо осуществить подключение к бортовой сети диагностики 2-х сканеров OBD-II различных классов и провести тестирование системы в пределах возможностей этих сканеров. Неисправность в автомобиль вносится преподавателем искусственно перед началом тестирования. Для выполнения работы рекомендуется использовать сканер общего назначения и сканер профессионального класса, чтобы понять отличия в предоставляемых возможностях. Сканером общего назначения необходимо считать код неисправности и дать его об-

щую расшифровку, полагаясь на приведенную выше классификацию кодов. Также можно попытаться осуществить стирание кода из памяти контроллера. Сканером профессионального класса производится считывание кода неисправности и расшифровка кода средствами сканера. Далее осуществляется считывание параметров системы в режиме реального времени (просмотр потока данных). Если позволяют возможности сканера, просмотр потока данных осуществляется в различных режимах (список параметров, выборочный список, графическое представление). Для проведения диагностических операций может потребоваться осуществить настройки сканера на данную марку автомобиля и выбрать тестируемую систему. После проведения диагностики необходимо удалить код неисправности из памяти контроллера и убедиться в его отсутствии путем повторного считывания кодов. Все операции со сканерами необходимо осуществлять в соответствии с инструкцией сканера и с выполнением указаний преподавателя.

4. Отчет по работе

Отчет по работе должен содержать следующие пункты:

1. Данные тестируемого автомобиля, схему расположения разъема OBD-II.
2. Вывод об используемом протоколе обмена и его обоснование.
3. Описание возможностей, предоставленных для работы сканеров.
4. Полученные с помощью сканеров данные (при возможности считывания потока данных описать форматы их представления).
5. Вывод по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое OBD-II?
2. Что представляет собой разъем OBD-II?
3. Какой из протоколов является наиболее распространенным на территории России?
4. Как называется канал передачи данных вышеназванного протокола?
5. Какие функции должен выполнять профессиональный сканер OBD-II?
6. Какие функции выполняет сканер общего назначения?
7. В чем преимущества кодировки неисправностей по стандарту OBD-II?
8. Что представляет собой структура кодов неисправностей OBD-II?
9. Какие бортовые системы могут диагностироваться сканерами OBD-II?
10. Какие меры предосторожности нужно соблюдать при проведении диагностики автомобиля с помощью сканера?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, С.В. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов / С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. – М.: За рулем, 2004. – 384 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей: курс лекций / Ю.П. Чижков. – М.: Машиностроение, 2002. – 240 с.
3. Яковлев, В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля: учеб. пособие для специалистов по ремонту автомобилей, студентов и аспирантов вузов / В.Ф. Яковлев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с.
4. Борщенко, Я.А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: учеб. пособие / Я.А. Борщенко, В.И. Васильев. – Курган: Изд-во Курганского гос.ун-та, 2007. – 207 с.
5. The OBD-II Home Page [Электронный ресурс] / V&V Electronics; – Электрон. дан. – V&V Electronics, 2006. – Режим доступа: <http://www.obdii.com>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ.
6. On-Board Diagnostics (OBD) [Электронный ресурс] / EPA – Environmental Protection Agency; – Электрон. дан. – United States Environmental Protection Agency, 2006. – Режим доступа: <http://www.epa.gov/obd/index.htm>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа 1. Исследование аккумуляторной батареи.....	4
Лабораторная работа 2. Исследование работоспособности электростартеров при помощи стенда Э-242.....	12
Лабораторная работа № 3. Исследование работоспособности автомобильного генератора при помощи стенда Э-240	21
Лабораторная работа № 4. Исследование регулятора напряжения генератора.....	31
Лабораторная работа 5. Контроль и установка момента зажигания и проверка свечей зажигания	39
Лабораторная работа 6. Изучение основных характеристик датчиков системы электронного впрыска топлива.....	45
Лабораторная работа 7. Изучение характеристик датчика кислорода....	52
Лабораторная работа 8. Изучение характеристик датчиков массового расхода воздуха	58
Лабораторная работа 9. Изучения методов диагностики бортовых электронных систем с помощью сканера.....	63
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	69

Учебное издание

Чубенко Дмитрий Николаевич

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

Учебно-практическое пособие

Редактор Л.И. Александрова
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Подписано в печать 18.09.14. Формат 60×84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,2.
Уч.-изд. л. 4,8. Тираж 100 экз. Заказ

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано во множительном участке ВГУЭС
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41