

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра технологии материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2022 г.



## Современная автомобильная электроника

Методические указания для выполнения лабораторных работ для студентов  
специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические  
средства»

Курск 2022

УДК 629.1.04

Составитель С.В. Пикалов

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Л.П. Кузнецова*

**Современная автомобильная электроника:** методические указания для выполнения лабораторных работ для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Пикалов. Курск, 2021. 57 с.

Методические указания содержат весь необходимый материал для выполнения работ по курсу «Современная автомобильная электроника» Приведены методика проведения работ, основные методы решения задач, что помогает усвоить и глубже понять теоретические положения курса. В методические указания включены вопросы для повторения пройденного материала. Предназначены для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» очной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л.    Уч.- изд. л Тираж 50 экз. Заказ *1199* Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Указания по технике безопасности при проведении лабораторных работ .....	4
Лабораторная работа 1. Совершенствование электрооборудования автомобилей.....	6
Лабораторная работа 2. Чтение электрических схем .....	11
Лабораторная работа 3. Устройство стартерных аккумуляторных батарей .....	23
Лабораторная работа 4. Оценка технического состояния аккумуляторной батареи .....	27
Лабораторная работа 5. Вольтамперная характеристика аккумуляторной батареи .....	33
Лабораторная работа 6. Система пуска .....	37
Лабораторная работа 7. Генератор .....	43
Лабораторная работа 8. Параллельная работа генератора и аккумуляторной батареи .....	49
Лабораторная работа 9. Система зажигания .....	54
Лабораторная работа 10. Анализ режимов работы электромеханической трансмиссии .....	60
Общий список рекомендуемой литературы .....	65

Общей целью выполнения лабораторных работ по данной дисциплине является приобретение умений и навыков подготовки и проведения испытаний основных приборов и систем электрического электронного оборудования транспортных средств, определение их оценочных характеристик и параметров, анализа влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели рабочих процессов.

### **Указания по технике безопасности при проведении лабораторных работ**

1. Ознакомление с настоящим разделом является обязательным этапом перед проведением работ. Факт ознакомления фиксируется в журнале инструктажа по технике безопасности и сопровождается подписью инструктора и студента.
2. В лаборатории при проведении работ не должны находиться посторонние лица.
3. При работе на установках пользоваться резиновыми ковриками для ног.
4. Выполнять действия на установках строго по методике или по указанию преподавателя или лаборанта.
5. Включать электропитание установок только с разрешения преподавателя или лаборанта.
6. При появлении на установке искрения, повышенной вибрации, шума, запаха или дыма немедленно выключить рубильник общего питания установки и сообщить о замеченном преподавателю.
7. Осмотр, регулировку и крепление узлов и проводов производить только после выключения электропитания и остановки вращающихся деталей установки. При осмотре агрегатов автомобиля проявлять осторожность, предупреждая их падение.
8. При включенном электропитании не прикасаться и предупреждать неосторожные прикосновения товарищей к металлическим частям установок. Помнить, что напряжение их питания составляет 220-380 В!

9. При поражении электрическим током немедленно выключить питание установки, отделить пострадавшего от токоведущего элемента и вызвать Скорую помощь.
10. Не оставлять включенные приборы и установки без присмотра, не трогать нетребующееся для выполнения работы оборудование в лаборатории.
11. При приготовлении электролита для аккумуляторных батарей вливать кислоту в воду, а не наоборот.
12. При попадании электролита на одежду или предметы срочно промыть их водой.
13. Кислоту, попавшую на кожу, удалить тампоном, смоченным 10% - м раствором кальцинированной соды или нашатырного спирта, после чего это место обильно промыть водой.
14. При тепловом ожоге 1-й степени (покраснение) пораженное место накрыть чистым куском материи, обильно смоченной насыщенным раствором питьевой соды или слабым раствором марганцовокислого калия. При ожогах 2-й и 3-й степени (пузыри на коже или ее разрушение) следует наложить на пораженное место стерильную салфетку и вызвать врача.
15. Работы выполняются при наличии в бригаде не менее двух студентов, чтобы при несчастном случае могла быть оказана взаимно первая помощь.
16. При возникновении чрезвычайной ситуации или осуществить эвакуацию из аудитории согласно Плана эвакуации.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 Совершенствование электрооборудования (4 часа)**

### 1. Цель

- 1) ознакомление со специальной технической литературой;
- 2) уяснение условий развития электрического и электронного оборудования (ЭЭО) транспортных средств;
- 3) приобретение навыков оценки направлений совершенствования систем и приборов.

### 2. Теоретическая часть

ЭЭО – одна из наиболее интенсивно совершенствуемых систем транспортных средств. Это процесс сопровождается:

- 1) количественным ростом числа бортовых приборов ЭЭО [4];
- 2) качественными изменениями, характеризующимися улучшением оценочных параметров, применением новых видов приборов, а так же изменениями конструкции, улучшающими потребительскими свойства транспортных средств.

Целями совершенствования являются:

1. Улучшение характеристик рабочих процессов различных агрегатов автомобиля (двигателя, коробки передач, тормозной системы и пр.). Благодаря этому достигается повышения топливной экономичности, снижения вредного влияния отработанных газов автомобиля на окружающую среду, повышению безопасности движения.

Снижение расхода топлива происходит при использовании (здесь и далее речь идет только об электрических средствах) высокоэнергетических электронных систем зажигания с микропроцессорным регулированием момента зажигания, комплексные системы управления двигателем с впрыском топлива, систем управления переключения передач, включением рекуператора энергии, за счет

снижения массы электрических агрегатов, при применении солнечных батарей для подзарядки аккумуляторов и др. Косвенно обеспечивает снижения расхода нефтяного топлива внедрение электромобилей.

Экологичность автомобиля улучшается при оптимизации работы двигателя микропроцессорной системы регулирования воздухо- и топливоподачи и угла опережения зажигания с обратной связью по составу отработавших газов.

Повышение безопасности движения связано с активной и пассивной безопасностью автомобиля. Устройство активной безопасности обеспечивает предотвращение дорожно-транспортных происшествий. Это системы антиблокировочные, противобуксовочные, курсовой устойчивости, регулирования характеристик подвески, автоматические системы торможения и предупреждения, регулирование микроклимата в салоне, управление головным освещением и др. Элементы пассивной безопасности снижают тяжесть последствий ДТП. Включение преднатяжителей ремней и надувных подушек безопасности, выключение двигателя при незастегнутых ремнях безопасности осуществляется с помощью электрических средств.

2. Повышение надежности работы автомобиля происходит за счет развитой системы контрольно-измерительных приборов, оптимального регулирования работы различных агрегатов, в том числе и по критериям недопущения нежелательных нагрузок.

3. Снижение трудоемкости и упрощение технического обслуживания.

4. Облегчение управление автомобилем и повышение привлекательности условий работы водителя.

5. Повышение эффективности управления движением транспортных потоков с помощью бортовых и внешних средств: устройство радиосвязи, детекторов определения местонахождения автомобиля, датчики учета количества пассажиров, устройства управления переключения светофоров и др.

На процесс совершенствования оказывают влияние условия разработки изделия и внедрения в производство [4]. При оценке свойств изделий необходимо учитывать

тяжелые условия его эксплуатации на транспортных машинах, которые характеризуются следующими факторами:

- 1) климатическими (тепловое воздействие, влажность, атмосферное давление, пыль, песок);
- 2) механическими;
- 3) электрическими;
- 4) электромагнитными;
- 5) химическими;
- 6) радиационными;
- 7) воздействиями неквалифицированного обслуживающего персонала [4].

#### 4. Оборудование и материалы

- 1) приборы ЭЭО и макеты приборов;
- 2) автомобиль;
- 3) компьютерная база информации о развитии ЭЭО; 4) компьютерный класс.

#### 5. Методика и порядок выполнения работы

1. Сделать краткое описание основных элементов устройства прибора ЭЭО из списка, приведенного ниже, взяв за основу наиболее современный или наиболее известный, распространенный вариант конструкции.

Предлагаемые приборы: аккумуляторная батарея, генератор, регулятор напряжения, датчики систем зажигания, замок зажигания, катушка (модуль) зажигания, электронный коммутатор, свеча зажигания (искровая, накаливания), стартер, приборы управления режимом работы стартера, датчики и указатели для контрольно-измерительных приборов, щиток приборов, фара головного освещения, источник света, приборы управления режимом включения источников света фар, отопитель, кондиционер, стеклоочиститель, электропроводка, реле включения приборов, топливный электронасос, электромагнитная форсунка, элементы АБС и ПБС,

электрический усилитель рулевого управления и др.

2. Сформировать функциональные требования к данному прибору, используя материал учебника [1, 2, 3] и лекции.
3. Ознакомиться по реферативной и периодической информации [5] с предлагаемыми новыми конструкциями рассматриваемого прибора. Глубина поиска: минимум (2-3) года, максимум – не ограничивается. В отчете указывается библиографическая информация, отмечаются основные существенные конструктивные отличия нового прибора, достоинства и недостатки.
4. На основании обзора различных конструкций прибора составить заключение о перспективных направлениях развития конструкции на основании анализа соответствия предлагаемых изменений конструкции функциональным требованиям.

Результатом этого заключения может стать и авторское предложение студента о совершенствовании исследуемого прибора.

#### 6. Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

- 1) название работы, цели;
- 2) описание устройства прибора;
- 3) функциональные требования к прибору;
- 4) обзор развития конструкций;
- 5) заключение о наиболее перспективном, ожидаемом направлении совершенствования конструкции.

Форма представления – рукописный текст и конструктивные схемы агрегатов на листах формата А4. Отчет представляется преподавателю на проверку к концу занятия или к началу следующей работы.

#### 7. Контрольные вопросы по теме работы

1. Какие показатели можно использовать для оценки процесса совершенствования технических устройств?
2. Какие цели достигаются при совершенствовании ЭЭО?

3. Какие факторы сдерживают развитие ЭЭО?
4. Какие наиболее существенные отличия имеют разрабатываемые новые конструкции рассматриваемого прибора?

8. Список рекомендуемой литературы [ 1 – 7].

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 Чтение электрических схем (2 часа)

### 1. Цель

- ознакомление со стандартизированными условными графическими обозначениями элементов электрооборудования автомобилей и приобретение навыков чтения и составления электрических схем.

### 2. Теоретическая часть

Графические символы элементов принципиальных электрических схем и их позиционные обозначения являются «азбукой» электрических схем. Освоение этого материала является необходимым условием выполнения анализа рабочих процессов в электрооборудовании автомобилей и поиска неисправностей.

Электрические схемы – это чертежи, которых составные части приборов и связи между ними показаны условно в виде символов. Детализация схемы с помощью графических символов позволяет судить об особенностях функциональных частей и деталях, из которых они состоят, и процессах, протекающих в отдельных частях и устройствах в целом. В электрической и электронной технике в целом схемы по назначению делятся на структурные, функциональные, принципиальные, схемы соединений, монтажные и др. Для автомобильной техники применяют, в основном, два вида электрических схем:

- 1) принципиальные;
- 2) схемы соединений.

Кроме того, на автозаводах используют монтажные схемы, необходимые для правильной установки приборов на автомобиль, а также чертежи жгутов, показывающие, какие провода входят в жгут, геометрические размеры жгута, клеммные колодки и наконечники жгута.

Принципиальная схема дает наиболее полное представление об устройстве и принципе действия объекта. Главные питающие цепи располагают горизонтально, а потребители электрической энергии включаются между ними и «массой» автомобиля. Графические символы отдельных элементов

установлены стандартами (ГОСТ 2.701-84, 2.737-68, 2.755-74, 2.723-68, 2.74268).

Наиболее употребительные из них приведены в Приложении 1, табл.1.

Примеры представления принципиальной электрической схемы: [2].

На схеме соединений расположение деталей электрооборудования относительно друг друга должно соответствовать их фактическому размещению на автомобиле. Изделия изображаются в виде схематических контуров, отражающих реальные очертания прибора. Здесь показывается группировка проводов в жгуты, взаимное расположение жгутов должно соответствовать их действительной трассировке на автомобиле.

Кроме того, провода, используемые в автомобильных электрических системах, имеют определенный цвет изоляции (так называемое, цветовое кодирование), что позволяет идентифицировать ее. Рядом с каждым проводом на схеме электрических соединений стоят буквы цветового кода. Эти коды помогают найти правильный провод на автомобиле. Провода не всегда имеют изоляцию одного цвета. Двухцветные провода обычно обозначаются двойными кодами. Когда схема электрических соединений имеет двойные коды, первый код - основной цвет провода, а второй код - цвет маркировки (полосы, точки или галочки) на проводе. Например, провод В/Р - это черный провод с красной маркировкой. Провод GY/O – это серый провод с оранжевой полосой или маркировкой. Черный провод с белой полосой обозначается В/W.

Функциональные требования к графическому исполнению схем:

- 1) быть наглядными и легко читаемыми;
- 2) обеспечивать анализ возможных неисправностей в цепях; 3) давать возможность проследить пути тока в электрических цепях;
- 4) отражать фактическую прокладку и группировку проводов в жгуты.

Соединяющие элементы (выключатели, переключатели, реле и пр.) всегда показываются в виде, соответствующем отключенному (обесточенному) состоянию прибора. Рядом с графическим символом указывают некоторые дополнительные сведения (буквенное позиционное обозначение элемента, тип

элемента, основные номинальные параметры), которые улучшают чтение схемы. Стандартные позиционные обозначения элементов приведены в Приложении 2.

При выполнении работ по обслуживанию электрических систем, их диагностике чтение электросхемы, как технологическая процедура, используется в следующем образом:

- 1) Удостоверьтесь в правильности имеющейся у вас схемы электрических соединений, т.е. в том, что она подходит для автомобиля, с которым вы работаете.
- 2) Тщательно просмотрите раздел “Общая информация”, чтобы ознакомиться с цветовыми кодами проводов, общими штекерными разъемами, нахождением точек заземления и т.д.
- 3) Найдите раздел, который содержит проблемную электрическую цепь или элемент. Найдите точку заземления элемента на “массу” и проследите электрическую цепь вплоть до ее источника питания. Удостоверьтесь в том, что вы можете проследить всю электрическую цепь от источника питания через все плавкие предохранители, переключатели, реле и т.д. к элементу и обратно к источнику питания через “массу”.
- 4) Определите, является ли электрическая цепь последовательной, параллельной, переключаемой на “массу”, с нагрузкой через “массу” и т.д.

Определите направление электрического тока в электрической цепи.

- 5) Спрогнозируйте штатную работу электрической цепи. Разделите электрическую цепь на меньшие участки и найдите удобную точку для проверки электрической цепи или подозреваемого проблемного элемента.
- 6) Найдите проверочную точку на автомобиле и спрогнозируйте значения напряжения, силы тока или сопротивления в проверочной точке. Проверьте электрическую цепь, используя соответствующий прибор (омметр, вольтметр, амперметр и т.д.). Определите, результаты проверки соответствуют номинальным значениям при работе электрической цепи или спецификациям, данным в Руководстве по ремонту?

#### 4. Оборудование и материалы

Используются макеты агрегатов, плакаты, видео-презентации по отдельным системам, интернет-ресурсы.

## 5. Методика и порядок выполнения работы

5.1. Выбрать модель автомобиля (по желанию или по предложению преподавателя).

5.2. Из предоставленной или найденной в интернет-ресурсах принципиальной электрической схемы всего электрооборудования данного автомобиля выделить элементы, относящиеся к отдельной функциональной подсистеме электрооборудования, предложенной преподавателем или выбранной из примерного списка:

- 1) внешнее освещение,
- 2) звуковая сигнализация,
- 3) система электроснабжения,
- 4) система включения вентилятора отопителя,
- 5) система пуска,
- 6) система зажигания,
- 7) система включения стеклоочистителя и т.п.

5.3. Составить отдельную принципиальную электрическую схему выбранной (по согласованию с преподавателем) подсистемы.

5.4. Для каждого элемента схемы указать буквенно-цифровое позиционное обозначение.

5.5. Сделать описание принципа действия данной подсистемы.

## 6. Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

- 1) название работы, цели;
- 2) принципиальная электрическая схема подсистемы с обозначениями элементов;
- 3) описание принципа действия подсистемы.

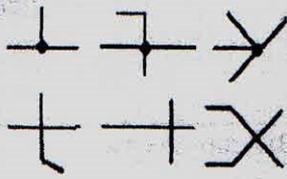
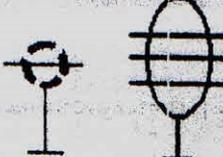
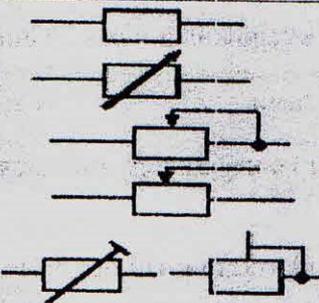
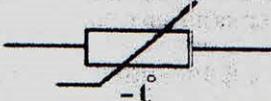
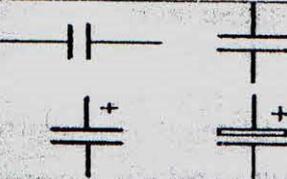
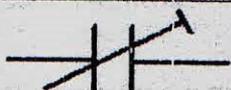
7. Контрольные вопросы по теме работы 1. Какие виды электрических схем применяют в различных областях техники?
2. Какие виды электрических схем наиболее употребительны для автомобильного электрооборудования?
3. Что обозначает цветовое кодирование проводов на электросхемах?
4. Сформулируйте функциональные требования к электросхемам?
5. Приведите примеры стандартных позиционных обозначений элементов на электросхемах.
6. Каковы особенности использования электросхем в технологической процедуре поиска неисправности?

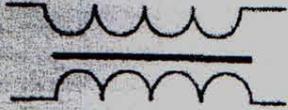
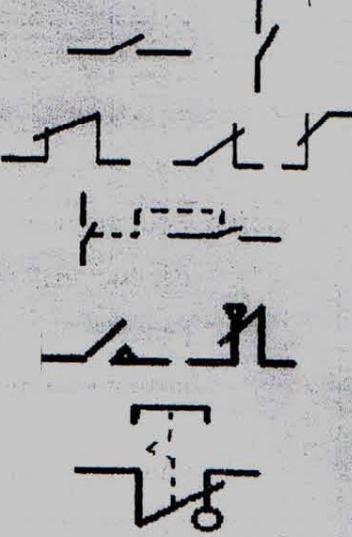
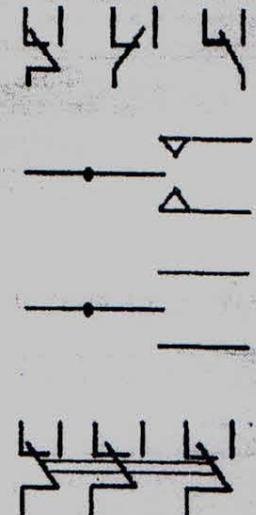
#### 8. Список литературы.

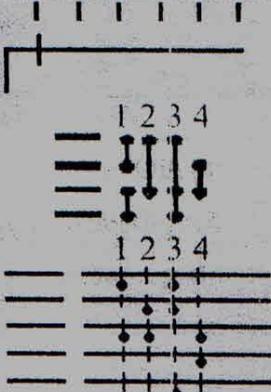
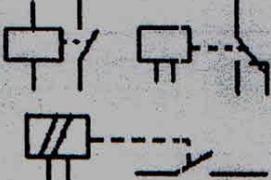
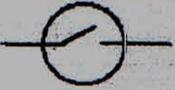
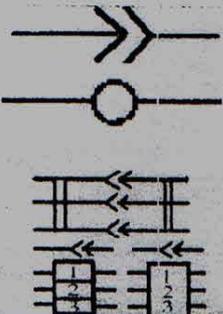
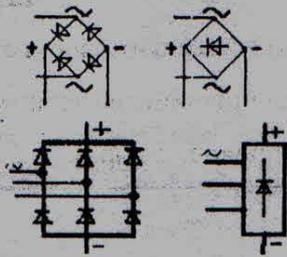
[1,2,9]

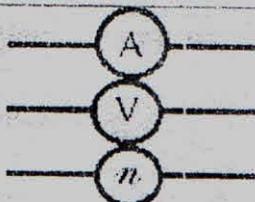
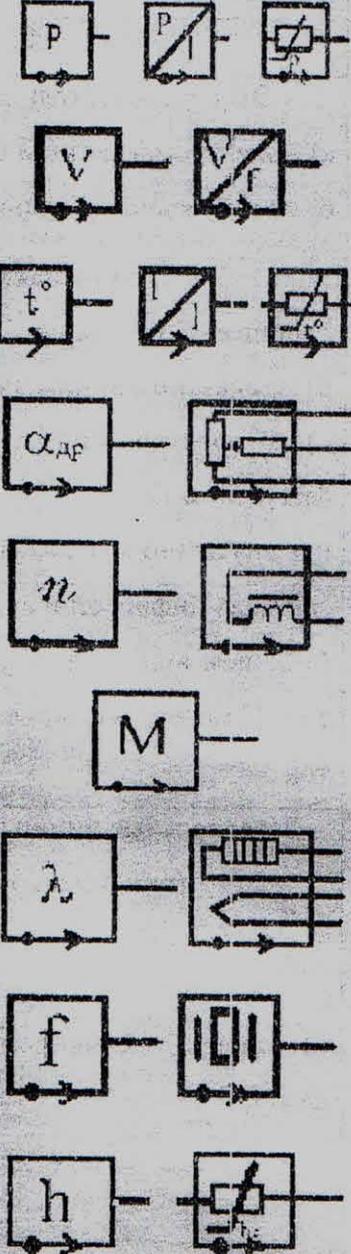
#### 9. Приложения.

Таблица 1 – Символы элементов

№	Название элемента	Символ
1	Пересечение электрических проводников: с соединением; без соединения.	
2	Экранированный провод, жгут	
3	Резистор: постоянный; переменный (в общем); реостат; потенциометр; подстроечный.	
4	Нелинейный терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом	
5	Фоторезистор	
6	Конденсатор: постоянной ёмкости оксидный «электролитический»	
7	Конденсатор переменной ёмкости	
8	Конденсатор подстроечный	

9	Катушка индуктивности	
10	Катушка с магнитопроводом	
11	Трансформатор	
12	<p>Выключатель:</p> <p>а) с замыкающим контактом;</p> <p>б) с размыкающим контактом;</p> <p>в) сложный с разнесёнными в схеме контактами;</p> <p>г) с нефиксирующимся контактом;</p> <p>д) кнопочный без самовозврата с возвратом посредством повторного нажатия на кнопку.</p>	
13	<p>Переключатель:</p> <p>а) с фиксацией в двух крайних положениях;</p> <p>б) с фиксацией в крайних и в нейтральных положениях;</p> <p>в) с фиксацией в нейтральном и без фиксации в крайних положениях;</p> <p>г) двухпозиционный многоконтактный;</p>	

	<p>д) многопозиционный галетный;</p> <p>е) многопозиционный кулачковый (соединения вертикальные);</p> <p>ж) многопозиционный (соединения горизонтальные).</p>	
14	<p>Электромагнитное реле:</p> <p>а) с одной обмоткой;</p> <p>б) с двумя обмотками.</p>	
15	<p>Реле с магнитоуправляемыми контактами (геркон)</p>	
16	<p>Соединители:</p> <p>а) штепсельный разъем (штырь-гнездо);</p> <p>б) разборное соединение под винт, зажим и проч.;</p> <p>в) многоконтактный соединитель.</p>	
17	<p>Диод</p>	
18	<p>Диодный выпрямитель</p> <p>а) однофазный;</p> <p>б) трехфазный.</p>	

29	<p>Электроизмерительные приборы.</p> <p>а) амперметр;</p> <p>б) вольтметр;</p> <p>в) тахометр.</p>	
30	<p>Датчик:</p> <p>а) давления;</p> <p>б) скорости автомобиля;</p> <p>в) температуры;</p> <p>г) положения дроссельной заслонки;</p> <p>д) положения коленчатого вала;</p> <p>е) массового расхода воздуха;</p> <p>ж) кислорода в отработавших газах (с подогревом);</p> <p>з) детонации (пьезоэлектрический);</p> <p>и) уровня топлива в баке.</p>	

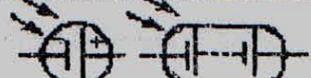
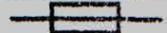
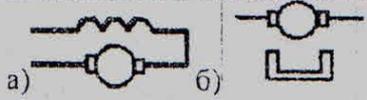
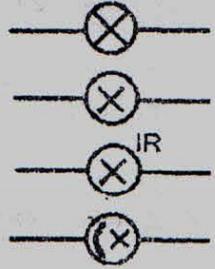
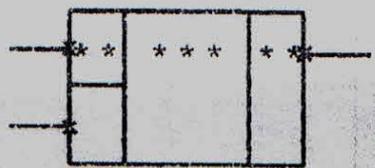
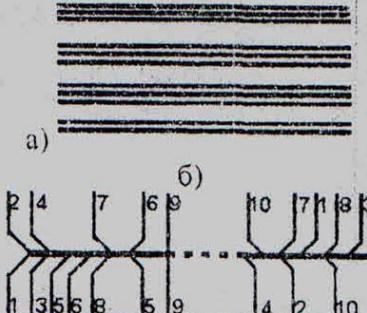
31	Электрохимический источник тока	
32	Солнечный источник тока	
33	Предохранитель	
34	Искровой разрядник	
35	Электродвигатель постоянного тока: а) с электромагнитным возбуждением; б) с возбуждением от постоянных магнитов.	
36	Лампа накаливания: а) общее обозначение; б) со спектром видимого излучения; в) со спектром невидимого излучения (инфракрасным); г) с внутренним отражающим слоем.	
37	Элемент цифровой и аналоговой техники (в общем виде), где * – условные знаки указателей, меток, обозначений функций элементов	
38	Параллельные линии электрической связи (при большом их числе): а) с разбивкой по 3; б) условно – слиянием в одну утолщенную линию.	

Таблица 2 – Буквенные обозначения элементов

№ п/п	Наименование элемента	Обозначение
1	2	3
1	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) и электрических величин в неэлектрические, датчики	B
2	Громкоговоритель	BA
3	Конденсатор	C
4	Микросхема аналоговая интегральная	DA
5	Микросхема интегральная цифровая	DD
6	Лампа осветительная	EL
7	Разрядники, предохранители, устройства защиты	F
8	Предохранитель плавкий	FU
9	Генераторы, источники питания, кварцевые генераторы	G
10	Батарея гальванических элементов, аккумуляторов	GB
11	Устройства индикаторные, сигнальные	H
12	Прибор звуковой сигнализации	HA
13	Индикатор символьный	HG
14	Прибор световой сигнализации	HL
15	Реле, контакторы, пускатели	K
16	Катушка индуктивности, дроссель	L
17	Двигатель	M

1	2	3
18	Прибор измерительный	P
19	Амперметр (милли-, микро-)	PA
20	Измеритель времени действия, часы	PT
21	Вольтметр	PV
22	Резистор	R
23	Терморезистор	RK
24	Выключатель или переключатель	SA
25	Выключатель кнопочный	SB
26	Трансформатор	T
27	Приборы полупроводниковые	V
28	Диод, стабилитрон	VD
29	Транзистор	VT
30	Тиристор	VS
31	Антенна	WA
32	Соединение контактное	X
33	Штырь контактный (вилка)	XP
34	Гнездо контактное (розетка)	XS
35	Соединение разборное	XT
36	Электромагнит	YA
37	Фильтр	Z

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 Устройство стартерных аккумуляторных батарей (2 часа)**

### 1. Цели

- 1) изучение назначения, состава элементов и принципа действия агрегата;
- 2) изучение маркировки отечественных аккумуляторных батарей; 2) приобретение навыков формулирования устройства агрегата.

2. Формируемые компетенции ПК-10, -14, -17.

3. Теоретическая часть

Автомобильная аккумуляторная (АБ) батарея выполняет четыре функции: во-первых, она питает стартер при запуске двигателя; во-вторых, от нее потребляют энергию некоторые электрические устройства при неработающем двигателе, например, габаритные огни, аудиоаппаратура, электронные блоки управления и др.; в-третьих, сглаживает пульсации напряжения в системе электрооборудования. И, наконец, он «помогает» генератору, когда при увеличении электрической нагрузки напряжение генератора падает ниже ЭДС аккумуляторной батареи.

Свинцовая стартерная аккумуляторная батарея (АБ) — вторичный источник электрической энергии. Это значит, что после разряда ее работоспособность можно полностью восстановить при помощи заряда — пропускания электрического тока в направлении, обратном тому, в котором протекал ток при разряде.

Стандартный автомобильный аккумулятор состоит из шести 2вольтовых элементов. Каждый элемент состоит из свинцовых решетчатых пластин, покрытых активным веществом и погруженных в кислотный электролит.

Отрицательные пластины покрыты мелкопористым свинцом, а положительные диоксидом свинца. Когда к аккумулятору подключают нагрузку, активное вещество вступает в химическую реакцию с сернокислотным электролитом, вырабатывая электрический ток. На пластинах при этом осажается сульфат свинца, и электролит, соответственно, истощается. При зарядке эта реакция

проходит в обратном направлении, и способность аккумулятора давать ток восстанавливается.

Работает АБ по принципу превращения электрической энергии в химическую (при заряде) и обратном превращении — химической энергии в электрическую (при разряде).

Электролит — водный раствор серной кислоты плотностью 1,28 г/см<sup>3</sup>, который, как и активная масса электродов, принимает участие в токообразующем процессе.

В процессе разряда активная масса как положительного, так и отрицательного электродов превращается в сульфат свинца (белого цвета). Поэтому теория, описывающая химические процессы, протекающие при заряде и разряде свинцового аккумулятора, называется теорией двойной сульфатации. При этом плотность электролита снижется к концу разряда до 1,08-1,10 г/см<sup>3</sup>.

Сегодня наиболее распространены автомобильные АБ номинальным напряжением 12 В. Их емкость составляет от 36 до 190 А•ч.

В зависимости от применяемых при производстве материалов и используемых конструктивных, технологических и эксплуатационных особенностей, современные батареи можно подразделить на два основных вида: классического исполнения (обслуживаемые) и необслуживаемого исполнения.

Оценочные показатели конструкции и рабочего процесса аккумуляторной батареи:

- 1) количество аккумуляторов в батарее;
- 2) назначение батареи;
- 3) номинальная емкость;
- 4) плотность электролита;
- 5) омическое сопротивление;
- 6) ЭДС аккумуляторной батареи;
- 7) ток холодной прокрутки;
- 8) резервная емкость; 9) энергозапас.

4. Оборудование и материалы 1) Планшет «Аккумуляторные батареи» (с разрезами).

2) Плакаты.

3) Файл-презентация «Аккумуляторные батареи».

5. Методика и порядок выполнения работы 1) Изучить материалы презентации «Аккумуляторные батареи».

2) Сформулировать ответы на вопросы:

- исторические этапы развития;
- достоинства свинцовых (кислотных) АБ;
- основные элементы конструкции АБ;
- что представляет собой электролит;
- какие процессы физико-химические процессы происходят в батарее при заряде и разряде;
- понятие об основных оценочных параметрах АБ;
- особенности устройства батарей типа AGM;
- устройства газоотвода и защиты от воспламенения газов;
- информация в надписях на АБ;
- особенности необслуживаемых батарей;
- устройство индикаторов уровня электролита;
- особенности условий мест расположения АБ на автомобиле и их учет в конструкции АБ;
- устройства аварийного отключения АБ от сети.

3) Осмотреть батарею (вид – по заданию преподавателя) и пояснить ее устройство.

6. Содержание отчета, форма и правила оформления отчета В отчете приводятся:

1) название работы, цели;

2) конспект содержания презентации;

3) перечень применяемого оборудования, их краткие характеристики; 4) описание устройства АБ по заданию.

Форма представления – рукописный текст и конструктивные схемы элементов конструкции. Отчет представляется преподавателю на проверку к концу занятия или к началу следующей работы.

#### 7. Контрольные вопросы по теме работы

- 1) Какое из функциональных требований к АБ можно считать основным?
- 2) Какое влияние на качества АБ оказывает сурьма в сплаве электродов?
- 3) За счет каких конструктивных особенностей необслуживаемые АБ имеют лучшие пусковые качества?
- 4) Какие основные физико-химические процессы происходят в АБ при заряде и разряде?
- 5) Как влияет сила разрядного тока на фактическую емкость АБ?

#### 8. Список рекомендуемой литературы

[1, 2, 3, 7]

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 Оценка технического состояния аккумуляторной батареи (2 часа)

### 1. Цели

- ознакомление со средствами и получение навыков проверки состояния АБ при техническом обслуживании.

### 2. Теоретическая часть

На современных автомобилях используются различные виды аккумуляторных батарей:

А) низковольтные свинцовые кислотные – в качестве стартерных (см. Лабораторная работа № 3);

Б) высоковольтные (200-288 В) щелочные – на гибридных автомобилях в качестве пусковых источников, а также накопительных устройств- для регенерируемой механической энергии от ДВС и колес автомобиля и как питающих источников – для маршевого электродвигателя.

Особое назначение автомобильных АБ и условия эксплуатации определяют функциональные требования к ним:

- 1) минимальное внутреннее сопротивление;
- 2) высокая ЭДС;
- 3) высокая электрическая емкость при малых массе и габаритах;
- 4) быстрое восстановление емкости при заряде;
- 5) сохранение работоспособности в широком диапазоне температур и разрядных токов;
- 6) слабый саморазряд;
- 7) высокая механическая прочность;
- 8) большой срок службы;
- 9) малые затраты времени и средств на техническое обслуживание;
- 10) безопасность эксплуатации.

Важное значение для поддержания соответствия состояния АБ функциональным требованиям имеет правильная проверка и техническое обслуживание. Основные группы работ при этом: визуальный осмотр, очистка, проверка креплений, измерение оценочных параметров.

Корпус и крышка АБ не должны иметь повреждений. Из повреждённого корпуса или через повреждённую крышку электролит может вытечь. Вытекший электролит может стать причиной сильных повреждений автомобиля. Детали, контактировавшие с электролитом, следует немедленно обработать нейтрализатором кислоты или щелочным раствором. Ремонт АБ с повреждённым корпусом или крышкой запрещается. Такие АБ подлежат обязательной замене.

Полюсные выводы и клеммы полюсных выводов АБ не должны иметь повреждений. Клеммы полюсных выводов должны быть правильно установлены и затянуты соответствующим моментом затяжки. Если клеммы полюсных выводов установлены и затянуты неправильно, это может привести к сбоям в электропитании. Следствием этого будут значительные нарушения в работе системы электрооборудования. Безопасная эксплуатация такого автомобиля не может быть гарантирована.

Для того чтобы АБ была защищена от вредного теплового воздействия, теплозащита АБ (например, теплозащитный кожух) должна быть закреплена на ней надлежащим образом. Если АБ недостаточно защищена от тепла, коррозия решётки пластины положительного электрода повышается из-за слишком высокой температуры.

Необходимо проверить правильность фиксации защёлки прижимной планки АБ на отбортовке батареи. При необходимости следует использовать переходники. Болт крепления необходимо затягивать предписанным моментом затяжки. Недостаточное крепление может привести к сокращению срока службы АБ из-за повреждений, полученных ею в результате тряски. Решётчатые пластины АБ могут получить повреждения, и АБ может взорваться. Неправильное крепление прижимной планкой может привести к повреждению корпуса АБ. Недостаточная

фиксация АБ приводит к снижению безопасности при столкновении. Автомобили более раннего выпуска требуют установки АБ с более высокой отбортовкой, т. е. требуется применение соответствующих переходников для отбортовки АБ. . В ходе технического осмотра проверяется надёжность крепления АБ.

Правильный уровень электролита в АБ является важным фактором обеспечения эксплуатационной безопасности батареи. При слишком низком уровне электролита токопроводящие свинцовые детали (перемычки пластин, межэлементные перемычки и ушки) выступают над полублоком пластин и больше не погружены в электролит. Возникает коррозия этих свинцовых деталей. Возможные последствия могут простираться от сбоев в электропитании до взрыва АБ. При слишком высоком уровне электролита он может вытекать из АБ и повреждать прилегающие детали. Определить уровень электролита в АБ можно по индикатору уровня электролита или снаружи с помощью меток «MAX» или «max» и «min» на прозрачном корпусе АБ. При визуальной проверке уровня электролита снаружи через прозрачный корпус АБ необходимо контролировать одинаковый уровень электролита во всех гальванических элементах. Существенная разница уровня (например, больше 10 мм) указывает на внутреннюю неисправность АБ.

#### 4. Оборудование и материалы

Для оценки состояния батареи, имеющей заливные пробки, в данной работе используются мерная трубка, денсиметр, термометр, цифровой мультитестер, нагрузочная вилка. В качестве современных средств для оценки состояния АБ любого типа используются специализированные электронные тестеры типа Midtronics, позволяющие автоматизировать процесс испытаний и имеющие, в частности, функцию запоминания результатов теста и формирования файла данных.

#### 5. Методика и порядок выполнения работы

1) По марке АБ и справочной литературе [5] определить особенности конструкции испытуемой АБ.

2) Выполнить осмотр внешнего состояния АБ и ее очистку.

3) Измерить:

- уровень электролита (в каждом аккумуляторе) – если имеется доступ к заливным горловинам;

- плотность электролита;

- напряжение на аккумуляторах без нагрузки и под нагрузкой;

- температуру электролита (достаточно в среднем аккумуляторе).

Результаты измерений представить в табличной форме с указанием номеров (условных) аккумуляторов в батарее.

3) Привести среднюю для батареи плотность электролита к нормальной температуре (+25 С°):

4) Проверка тестером Midtronics:

- подключить клеммы питания тестера к АБ;

- включить кнопку «Питание»;

- выбрать режим «Проверка аккумулятора»;

- выбрать режим «Подключенные к АБ клеммы бортовой сети» или «Нет»;

- выбрать тип АБ (обычный, AGM, или спиральный);

- выбрать национальный стандарт (SAE, DIN, EN или др.) по которому промаркирована АБ (посмотреть на корпусе);

- задать номинальное значение тока холодной прокрутки (из маркировки);

- направить корпус тестера излучателем инфракрасного датчика температуры на АБ (расстояние около 50мм);

- дождаться окончания процесса измерения тестером и расчета оценочных параметров ( по индикатору часов на дисплее);

- прочитать на дисплее результат (общая рекомендация тестера о батарее: «хорошее состояние», «подзарядить», «заменить» или др.; напряжение без нагрузки; ток холодной прокрутки измеренный, ток холодной прокрутки номинальный; температура батареи; степень разряженности).

5) Сформулировать заключение о состоянии батареи, используя для этого все измеренные и рассчитанные параметры и учитывая значимость каждого аккумулятора в батарее.

## 6. Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

В отчете приводятся:

- 1) название работы, цели;
- 2) перечень применяемого оборудования и приборов, их краткие характеристики;
- 3) результаты испытаний;
- 4) результаты расчетов;
- 5) заключение о состоянии АБ.

Форма представления – рукописный текст на листах формата А4. Отчет представляется преподавателю на проверку к концу занятия или к началу следующей работы.

## 7. Вопросы для защиты работы

- 1) Каково назначение нагрузочной вилки?
- 2) Каков физический смысл коэффициента 0,0007 в формуле (1)?
- 3) Если плотность электролита меньше номинальной на  $0,01 \text{ г/см}^3$  какова степень разряженности батареи?
- 4) Каково расчетное время подзаряда данной батареи до полностью заряженного состояния?
- 5) В чем смысл использования высоковольтных АБ на транспортных средствах?

## 8. Список рекомендуемой литературы

[1-3], [7].

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

#### Вольтамперная характеристика аккумуляторной батареи (2 часа)

##### 1. Цели

- приобретение навыков расчетно-экспериментального определения вольтамперной характеристики аккумуляторной батареи (АБ).

2. Формируемые компетенции ПК-10, -14, -17.

##### 3. Теоретическая часть

Вольтамперная характеристика (ВАХ) батареи определяет зависимость напряжения  $U_6$  батареи от тока  $I_6$  разряда. Она имеет первостепенное значение, определяющее протекание рабочего процесса системы пуска. ВАХ имеет достаточно сложный вид, но имеет примерно линейный участок в зоне от точки с абсциссой  $I_6 = 1 \cdot C_{20}$  до точки с ординатой  $U_6 = (0.4 - 0.5) \cdot U_{ном}$ , где  $C_{20}$  – номинальная емкость батареи, А · час,

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, например, 12 В.

В связи с тем, что токи, потребляемые стартером при пуске, соответствуют линейному участку ВАХ, всю ее изображают условной прямой линией, совпадающей с линейным участком действительной ВАХ, экстраполированным до пересечения с осями координат. Точки пересечения имеют координаты:  $(I_{6к}; 0)$  и  $(0; U_{нр})$ , где  $I_{6к}$  – условный ток короткого замыкания батареи,  $U_{нр}$  – условное напряжение начала разряда.

Параметры ВАХ зависят от конструктивных особенностей батареи и эксплуатационных факторов.

#### 4. Оборудование и материалы

Цифровой мультитестер, установка, созданная на базе стенда КИ– 968, магазин низкоомных сопротивлений, тестер типа Midtronics.

#### 5. Методика и порядок выполнения работы А. Экспериментально-расчетный способ.

1) Измерить температуру электролита и степень разряженности АБ тестером Midtronics или использовать результаты предшествующей лабораторной работы.

2) На экспериментальной установке произвести подключение нагрузки к АБ и через 1-2 с. зафиксировать показания напряжения и тока батареи. Сопротивления из магазина сопротивлений выбираются в произвольном порядке. Задаваемые токи должны находиться в диапазоне  $(1...4) \cdot C_{20}$ . Испытание повторить 5-6 раз при различной нагрузке. Результаты измерений представить в табличной форме.

3) По результатам каждого опыта рассчитать величину условного тока короткого замыкания:

$$I_{бк} = I_x \cdot U_{нр} / (U_{нр} - U_x), \text{ А}, \quad (1)$$

где  $I_x$  и  $U_x$  - экспериментальные значения тока и напряжения батареи,  $U_{нр}$  - условное начальное разрядное напряжение батареи, которое рассчитывается по формуле:

$$U_{нр} = m \cdot (2.02 + 0.00136 \cdot t_3 - 0.001 \cdot \Delta C_p), \text{ В}, \quad (2)$$

где  $m$  - число аккумуляторов в батарее,  $t_3$  - температура электролита, град.С,  $\Delta C_p$  - степень разряженности АБ, %

4) Найти среднее значение тока замыкания

$$I_{6кc} = \sum I_{6ki} / k, \text{ A,} \quad (3)$$

где  $k$  - количество разрядных режимов по п. 2.

- 5) В системе координат  $U_6 = f(I_6)$  по точкам  $(I_{6к}; 0)$  и  $(0; U_{нр})$  построить линеаризованную вольт-амперную характеристику батареи.
- 6) Отметить в той же системе координат опытные точки и дать оценку точности вольт-амперной характеристики.
- 7) Определить по полученной вольт-амперной характеристике напряжение при номинальном стартерном токе разряда. Оценить достаточность этого напряжения для различных потребителей при пуске двигателя.

#### Б. Расчетный способ.

- 1) Использовать значения температуры и степени разряженности АБ из результатов предшествующей лабораторной работы.
- 2) По формуле (2) рассчитать значение условного напряжения начала разряда  $U_{нр}$ .
- 3) Рассчитать величину условного тока короткого замыкания батареи  $I_{6к}$  по формуле и исходным данным, предложенной преподавателем.
- 4) В системе координат  $U_6 = f(I_6)$  по точкам  $(I_{6к}; 0)$  и  $(0; U_{нр})$  построить линеаризованную вольт-амперную характеристику батареи.
- 5) Определить по полученной вольт-амперной характеристике напряжение при номинальном стартерном токе разряда  $I_6 \approx 3 \approx C_{20}$ . Оценить достаточность этого напряжения для различных потребителей при пуске двигателя.

#### 6. Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

В отчете приводятся:

- 1) название работы, цели;
- 2) перечень применяемого оборудования и приборов, их краткие характеристики;
- 3) результаты испытаний;
- 4) результаты расчетов;
- 5) график вольтамперной характеристики АБ; 6) оценка полученных данных.

## 7. Контрольные вопросы

- 1) Почему ток  $I_{\text{бк}}$  называется «условным»?
- 2) От каких факторов зависит величина условного тока короткого замыкания?
- 3) По каким причинам на вольт-амперной характеристике экспериментальные точки не находятся на линии графика?
- 4) В чем смысл использования высоковольтных АБ на транспортных средствах?

## 8. Список рекомендуемой литературы

[1, 2, 3].

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6 Система пуска (4 часа)

### 1. Цели

- 1) освоить методику экспериментально-аналитического определения электромеханических характеристик стартера;
- 2) определить оценочные параметры стартера.

### 2. Формируемые компетенции

### 3. Теоретическая часть

Электромеханическими характеристиками называется зависимость напряжения на стартере, мощности на валу стартера, крутящего момента, частоты вращения вала и КПД в функции от тока, потребляемого стартером [1]. Напряжение на стартере определяется вольт - амперной характеристикой аккумуляторной батареи с учетом падения напряжения в стартерной цепи. Так же задающими свойствами стартера являются характеристики крутящего момента и частоты вращения вала. Чтобы экспериментально исследовать эти и другие зависимости, необходимо проводить испытания стартера на тормозном стенде с изменяемым моментом сопротивления и при этом измерять крутящий момент на вращающемся валу. В данной работе используется другой, экспериментально - аналитический метод определения характеристик, при разработке которого использована особенность электродвигателя постоянного тока с последовательным возбуждением, заключающаяся в том, что его крутящий момент определяется силой тока и не зависит от приложенного напряжения [1, 2, 3, 10]. При этом крутящий момент измеряется только в режимах полного торможения при различных токах, задаваемых за счет вариации электрических сопротивлений стартерной цепи, а значения частоты вращения вала для искомой характеристики.

### 4. Оборудование и материалы

Испытания проводятся на специальной установке, созданной на базе стенда КИ-968 [10]. Электрическая часть установки содержит испытуемый стартер,

аккумуляторную батарею, магазин сопротивлений, коммутационную аппаратуру, измерительные приборы. Кроме того, используется нагружающий механизм с месдозой для измерения крутящего момента и механический тахометр часового типа. Давление  $p$  в месдозе, измеряемое манометром, пропорционально крутящему моменту на валу стартера:

## 5. Методика и порядок выполнения работы

5.1. Определить по технической характеристике [6] основные номинальные оценочные параметры испытываемого стартера и внести в таблицу 1.

Таблица 1 – Оценочные параметры стартера.....

№ параметра	Название параметра	Значение параметра	
		справочное	экспериментальное
1			
2			
3	.....	.....	.....
...			
m			

5.2. Испытать стартер в режиме холостого хода, зафиксировав по приборам ток холостого хода  $I_{cx}$ , напряжение на стартере  $U_{cx}$  и частоту вращения вала  $n_{xx}$ . Результаты в таблицу 2.

Таблица 2 – Параметры режима холостого хода

$I_{cx}$ , А	$U_{cx}$ , В	$n_{xx}$ , об/мин

5.3. Испытать стартер в режиме номинального полного торможения.

Результаты измерений – в таблицу 3.

Таблица 3 – Параметры режима номинального полного торможения

$I, A_{ст}$	$U, B_{ст}$	$p, ед.$	$M_{max}, Нм$

5.4. Испытать стартер в режимах «искусственных» полных торможений, для чего включать в цепь питания стартера дополнительные сопротивления из магазина сопротивлений. Результаты – в таблицу 4.

Таблица 4 – Параметры режимов «искусственных» полных торможений

Опыт	Ток стартера	Напряжение на батарее	Напряжение на стартера	Давление в месдозе	Момент стартера
	$I, A_c$	$U, B_б$	$U', B_c$	$p, ед.$	$M, Нм$ $c$
1 2					
...					
q					

Примечание:  $M$  – рассчитывается по (2).  $c$

5.5. Рассчитать по формуле (1) величины частот вращения вала стартера, используя данные таблицы 4 и с учетом значений из таблицы 2 и 3.

5.6. Для всего рабочего диапазона токов стартера ( $I_c \square I_{cx} \dots I_{ст}$ ) представить

в таблице 5 значения  $U_c, n$  и  $M_c$  на основании значений таблиц

2, 3, 4 и п. 5.5., причем  $U_c \square U_б$ , а общее количество точек равно сумме режимов

испытаний по данным таблиц 2, 3 и 4.

Таблица 5 – Электромеханические характеристики

№ точки	$I_c$	$U_c$	$n$	$M_c$	$N_c$	$N_{эл}$	$\square$
	А	В	Об/мин.	Нм	Вт	Вт	-
1							
2 3							
.....							
(q+2)							

5.8. Определить оценочные параметры стартера (на основании результатов испытаний и графиков) и внести их в таблицу 1.

6. Содержание отчета В отчете приводятся:

- 1) название работы, цели;
- 2) названия и марки объектов испытаний, испытательного оборудования, измерительных приборов;
- 3) схема экспериментальной установки;
- 4) расчетные формулы;
- 5) таблицы 1,.....,5 с исходными, расчетными и экспериментальными данными;
- 6) графики электромеханических характеристик.

7. Вопросы для защиты работы

1. Назовите основные классификационные признаки и соответствующие разновидности стартеров.
2. Какие эксплуатационные требования предъявляются к стартерам?
3. Объясните устройство стартера и нарисуйте его принципиальную электрическую схему.
4. Каковы особенности конструкции стартерного двигателя по сравнению с электродвигателями общего назначения?

5. Для чего на некоторых стартерах имеется дополнительная параллельная обмотка возбуждения?

6. Каково назначение тягового реле стартера?

7. Зависимости каких величин называются электромеханическими характеристиками стартера?

8. Как изменится вид электромеханических характеристик стартера: а) при увеличении электрического сопротивления стартерной цепи (вследствие, например, окисления контактов); б) при уменьшении температуры внешней среды; в) при увеличении степени разряженности батареи?

9. Каковы основные положения используемого в работе метода определения электромеханических характеристик стартера?

8. Список рекомендуемой литературы

[1-3, 6, 10].

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7 Генератор (4 часа)

### 1. Цели и содержание

- 2) изучение конструктивных особенностей системы электроснабжения;
- 3) приобретение навыков получения оценочных характеристик и параметров генератора;
- 4) оценка влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс генератора.

### 2. Формируемые компетенции ПК-10, -14, -17.

### 3. Теоретическое обоснование

Энергетические свойства генератора представляются совокупностью оценочных характеристик: внешней, токоскоростной (нагрузочной), регулировочной.

**Внешняя характеристика** – это зависимость напряжения генератора от силы тока генератора при постоянной частоте вращения.

Основные факторы этой связи при увеличении нагрузки: падения напряжения в активном и реактивном (индуктивном) сопротивлении обмоток статора, размагничивающее действие «реакции якоря» [2], падение напряжения в цепи выпрямителя. Кроме того, влияет способ питания обмотки возбуждения: независимое (внешнее) питание и самовозбуждение. При самовозбуждении снижение напряжения генератора уменьшает ток возбуждения и магнитный поток, а это приводит к падению и тока генератора.

Напряжение генератора при изменении нагрузки варьируется в широких пределах. Для обеспечения нормальной работы потребителей при стремлении напряжения превысить номинальное значение используется регулятор напряжения (вернее – ограничитель напряжения).

При изменении скоростного режима внешняя характеристика смещается вправо в системе координат «ток-напряжение».

По внешней характеристике определяется максимальная сила тока генератора, вырабатываемого при заданном напряжении и частоте вращения ротора.

**Регулировочная (скоростная) характеристика** – это зависимость тока возбуждения генератора в функции от частоты вращения ротора при постоянном напряжении и нагрузке. Совокупность характеристик, полученных на холостом ходу и при номинальной нагрузке, дает общий диапазон изменения тока возбуждения выдерживание которого должен обеспечивать регулятор напряжения. Для определения зависимости используем формулу (1) для напряжения генератора из раздела 2 лабораторной работы 4, где магнитный поток представим эмпирической функцией частоты вращения ток возбуждения снижается. В системе электроснабжения такую взаимосвязь обеспечивает регулятор напряжения [1,2].

**Нагрузочной (токоскоростной) характеристикой** является зависимость тока генератора от частоты вращения ротора при постоянном напряжении генератора:  $I$   
Оборудование и материалы

Испытанию подлежит генератор переменного тока с электромагнитным возбуждением. Работа проводится на установке, обеспечивающей изменение нагрузки, частоты вращения, способа питания обмотки возбуждения, работу с регулятором напряжения и без него, измерение параметров процессов.

#### 4. Методика и порядок выполнения работы

4.1. Характеристика снимается для нескольких режимов, отличающихся частотой вращения вала, способом питания обмотки возбуждения, подключением регулятора напряжения (задаются преподавателем). На каждом режиме изменять нагрузку потребителей от минимальной до максимально возможной путем изменения сопротивления нагрузочного реостата установки, поддерживая при этом заданную частоту вращения вала постоянной с помощью регулятора частоты вращения на установке. Приращения тока генератора должны быть (2-4) А.

4.2. Построить графики внешних характеристик  $U_r \square f(I_r)$  в одной системе координат с наложением.

#### 4.3. Выполнить анализ характеристик:

- а) констатировать характер влияния нагрузки на напряжение (напряжение падает, возрастает, не изменяется);
- б) пояснить механизм влияния;
- в) сравнивая характеристики на разных режимах, оценить влияние на свойства генератора:
  - частоты вращения ротора;
  - регулятора напряжения;
  - способа питания обмотки возбуждения.

6. Содержание отчета, форма и правила составления отчета В отчете приводятся:

- 1) название и цели работы;
- 2) модель генератора, аккумуляторной батареи, регулятора напряжения;
- 3) схема экспериментальной установки;
- 4) таблицы с результатами измерений;
- 5) графики внешних характеристик;
- 6) анализ внешних характеристик;

Форма представления – рукописный текст и конструктивные схемы агрегатов на листах формата А4. Отчет представляется преподавателю на проверку к концу занятия или к началу следующей работы.

#### 7. Контрольные вопросы по теме работы

1. Поясните принцип действия генератора переменного тока.
2. Какие элементы конструкции генератора образуют магнитную цепь?
3. Чем определяется разница между ЭДС и напряжением генератора?
4. Каковы конструктивные отличия генераторов с независимым возбуждением и с самовозбуждением?

5. На внешних характеристиках имеются участки с  $U_r \square const$  : чем это объяснить?

6. Чем объяснить наличие участков с падающим напряжением?

7. Как влияет частота вращения ротора на напряжение и ток генератора?

8. Как влияет тип трансмиссии (например, с механической ступенчатой передачей или с автоматическим вариаторным преобразователем крутящего момента) на режим работы генератора?

9. Каково назначение муфты свободного хода в приводе генератора, которая устанавливается на некоторых моделях автомобилей?

#### 8.Список рекомендуемой литературы

[1-3], [7].

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9 Параллельная работа генератора и аккумуляторной батареи (2 часа)

### 1. Цель и содержание

- 1) уяснение процесса взаимодействия генератора и аккумуляторной батареи при питании общих потребителей электроэнергией;
- 2) приобретение навыков определения баланса токов на различных режимах работы системы.

### 2. Теоретическая часть

В системе электроснабжения используется два источника электроэнергии, соединенные между собой параллельно: генератор и аккумуляторная батарея.

Они имеют совершенно разную конструкцию, принцип действия и реакции на различные факторы. Как следует из рассмотрения свойств аккумуляторной батареи и генератора ([1, 2], лабораторные работы 5, 7), основными эксплуатационными факторами рабочего процесса этих источников являются ток нагрузки и скоростной режим двигателя. Проведем однофакторные исследования влияния этих параметров.

**А. Влияние частоты вращения вала генератора  $n_r$  (при неизменной нагрузке  $R_H = \text{const}$ ).**

а) при  $n_r < n_0$  ( $n_0$  – начальная частота вращения ротора) напряжение генератора  $U_r$  меньше напряжения батареи  $U_6$ , нагрузка питается от батареи:  $I_H$

$$= I_{6p};$$

б) при  $n_r > n_0$  питание нагрузки начинает осуществляться и от генератора:  $I_{6p} + I_r = I_H$ ; по мере роста частоты вращения разряд батареи прекращается при достижении  $I_r = I_H$ , а затем батарея начинает

подзаряжаться:  $I_r = I_{63} + I_H$ , зарядный ток  $I_{63} = (U_6 - E_6) / r_6$ ,

где  $r_6$  – омическое сопротивление батареи,  $E_6$  – э.д.с. батареи.



## 5.2. Снять зарядную характеристику батареи

Батарея заряжается от генератора, работающего на установке. Для исключения ограничения напряжения и зарядного тока регулятор напряжения отключается путем соединения входной и выходной клемм цепи возбуждения на регуляторе. Изменение зарядного тока и напряжения осуществляется за счет регулирования частоты вращения вала генератора на установке. Результаты измерений – в таблицу 2.

Таблица 2 - Зарядная характеристика батареи

$I$ , А <i>б3</i>								
$U$ , В <i>б</i>								

## 5.3. Снять внешнюю характеристику генератора

Характеристика снимается по методике, используемой в лабораторной работе 4 (или используются данные работы 4). Режим испытаний указывается преподавателем. Параметры характеристики заносятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Внешняя характеристика генератора

$I_G$ , А								
$U_G$ , В								

5.4. Построить график совместной работы генератора и батареи при изменении нагрузки [1, рис. 1.41] на основании данных таблиц 1-3.

5.5. Определить параметры совместной работы для различных характерных режимов:

- 1) максимальный зарядный ток батареи  $I$ ;
- 2) ток нагрузки при напряжении в системе, равном ЭДС батареи;
- 4) токи нагрузки, генератора и батареи при напряжении 10 В.

## 6. Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

В отчете приводятся:

- 1) название и цели работы;
- 2) модель генератора, аккумуляторной батареи, регулятора напряжения;
- 3) особенности экспериментальной установки;
- 4) таблицы с результатами измерений;
- 5) график совместной работы генератора с батареей при изменении нагрузки;
- 6) параметры совместной работы для различных характерных режимов.

Форма представления – рукописный текст и конструктивные схемы агрегатов на листах формата А4. Отчет представляется преподавателю на проверку к концу занятия или к началу следующей работы.

## 7. Контрольные вопросы для защиты работы

1. Какие факторы определяют вид вольт-амперной характеристики батареи и внешней характеристики генератора?

2. Как изменится максимальный зарядный ток батареи

- а) при снижении температуры электролита;
- б) при увеличении степени разряженности батареи;
- в) при повышении регулятора напряжения;
- г) при увеличении частоты вращения вала генератора;
- д) при применении батареи большей емкости;
- е) при установке на генератор приводного шкива меньшего диаметра?

3. На сколько должен измениться ток нагрузки, чтобы напряжение в системе снизилось от 13,5 В до 13,0 В? (по данным лабораторной работы).

## 8. Список рекомендуемой литературы

[1-3], [7].

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9 Система зажигания (2 часа)

### 1. Цели

- 1) изучение конструкции и рабочего процесса систем зажигания различных типов;
- 2) приобретение навыков получения оценочных характеристик и параметров;

### 2. Формируемые компетенции

### 3. Теоретическая часть

Система зажигания предназначена для воспламенения топливовоздушной смеси в необходимый момент времени. Это достигается за счет электроискрового разряда между электродами свечи. Для надежного зажигания в широком диапазоне режимов работы двигателя необходимо создание высокого напряжения на электродах свечи (6-30) кВ и энергии разряда (0,2-0,3) МДж. Для получения таких показателей система зажигания осуществляет

- 1) накопление энергии;
- 2) преобразование низкого напряжения источника питания в высокое напряжение на электродах свечи.

В качестве накопителей энергии чаще используются катушки индуктивности (первичные обмотки катушек зажигания), несущие энергию магнитного поля, а также конденсаторы, накапливающие энергию в электрическом поле. Кроме того, системы различают по способу управления (синхронизации), по способу регулирования момента зажигания, по типу силового реле (коммутатора), по способу распределения импульсов высокого напряжения, по способу подавления радиопомех и др. [1, 2].

При всем многообразии конструкций системы зажигания должны соответствовать следующим функциональным требованиям:

1) создаваемые вторичное напряжение и энергия искрового разряда должны обеспечивать устойчивое искрообразование на всех режимах работы двигателя, особенно:

- при пуске холодного двигателя;
- на неустановившихся режимах;
- при работе на обедненных смесях;
- при регулировании угла опережения зажигания; а также при воздействии внешних эксплуатационных факторов (загрязнение элементов, колебания напряжения питания, перепады температуры и т. д.);

2) характеристики изменения момента зажигания должны соответствовать особенностям рабочего процесса двигателя и обеспечивать наилучшие динамические, топливно-экономические и токсические показатели двигателя;

- 3) легкость диагностирования;
- 4) малая трудоемкость обслуживания;
- 5) низкий уровень радиопомех;
- 6) малая стоимость.

Для оценки систем зажигания используют оценочные параметры [1]:

- максимальное вторичное напряжение;
- коэффициент запаса по вторичному напряжению;
- пробивное напряжение;
- максимальный ток разрыва;
- скорость нарастания вторичного напряжения;
- энергия и длительность индуктивной составляющей искрового разряда;
- зазор между электродами свечи;
- начальный угол опережения зажигания, а также зависимости этих параметров от различных конструктивных и эксплуатационных факторов.

В настоящее время находят применение системы с бесконтактным способом синхронизации, с механическими и электронными регуляторами опережения зажигания, с низковольтным и высоковольтным распределением энергии по цилиндрам. Наиболее совершенными являются электронные микропроцессорные системы с индивидуальными катушками зажигания, обеспечивающие оптимизацию углов опережения зажигания для каждого цилиндра с учетом сигналов многих датчиков рабочего процесса двигателя, в том числе с обратной связью по детонации [1, 2, 4].

Разрабатываются лазерные системы зажигания.

#### 4. Оборудование и материалы

Объектом исследований в работе является микропроцессорная система зажигания с четырехвыводной катушками зажигания. Для ее испытаний используются:

- 1) моторный стенд с двигателем ВАЗ-21114 с микропроцессорной системой управления двигателем;
- 2) микропроцессорный сканер-тестер ДСТ-2.

#### 5. Методика и порядок выполнения работы

- 5.1. Составить схему системы зажигания.
- 5.2. Изучить устройство и принцип действия датчиков и исполнительных устройств, входящих в данную систему.
- 5.3. Подключить сканер к диагностическому разъему системы, включить зажигание, идентифицировать на сканере систему управления двигателем.
- 5.4. Проверить наличие кодов неисправностей системе управления.
- 5.5. Запустить двигатель.
- 5.6. Наблюдать с помощью сканера и фиксировать изменение угла опережения зажигания по мере прогрева двигателя. Данные – в таблицу 1.

Таблица 1. Изменение угла опережения зажигания при прогреве двигателя

Температура двигателя, град.С						
Угол опережения зажигания, град. поворота колен. вала						

5.7. Задавая разные установившиеся частоты вращения вала двигателя, наблюдать с помощью сканера изменение угла опережения зажигания на холостом ходу. Данные – в таблицу 2.

Таблица 2. Изменение угла опережения зажигания при увеличении частоты вращения вала двигателя

Частота вращения вала, об/мин.						
Угол опережения зажигания, град. поворота колен. вала						

5.8. Создать на дисплее сканера группу параметров: частота вращения вала двигателя, угол опережения зажигания, угол поворота дроссельной заслонки. Включить режим «График».

5.9. Резко нажав на педаль акселератора до упора (на 3-4 сек.), наблюдать по графикам на дисплее процесс изменения угла опережения зажигания. Зафиксировать минимальное и максимальное значения угла опережения зажигания:

## 6 . Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

В отчете приводится:

- 1) название работы, цели;
- 2) типы испытуемой системы зажигания, ее схема;
- 3) испытательное оборудование и приборы;
- 4) результаты испытаний;
- 5) графики исследуемых зависимостей и их анализ.

Форма представления – рукописный текст и конструктивные схемы агрегатов на листах формата А4. Отчет представляется преподавателю на проверку к концу занятия или к началу следующей работы.

## 7. Контрольные вопросы по теме работы

1. Каково назначение отдельных элементов системы зажигания?
2. Из каких этапов состоит рабочий процесс системы зажигания?
3. Каков характер изменения первичного тока?
4. От каких параметров зависит ЭДС самоиндукции, наводимая в первичной обмотке катушки зажигания?
5. Понятие о максимальном вторичном напряжении и о пробивном напряжении.
6. Какие различают фазы искрового разряда между электродами свечи и чем они характерны?
7. Какие последствия вызывает образование нагара на электродах свечи?
8. Понятие об угле опережения зажигания.
9. Поясните механизм явления, называемого «калильным зажиганием». Его отличие от механизма «детонации».
10. Какие свечи зажигания называются холодными, какие – горячими? Приведите пример маркировки отечественных свечей зажигания и поясните все символы в маркировке.
11. За счет каких факторов может быть увеличено вторичное напряжение в электронной системе?
12. Какого типа датчики импульсов используются в системах зажигания?
13. Каковы достоинства бесконтактных электронных систем зажигания по сравнению с контактными системами и их влияние на потребительские свойства автомобиля?
14. Достоинства микропроцессорных систем зажигания.
15. Особенности конструкции микропроцессорных систем.
16. В каких системах используется «метод холодной искры», каковы его достоинства?

## 8. Список рекомендуемой литературы

[1-3], [7].

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10 Анализ режимов работы электромеханической трансмиссии**

(4 часа)

#### 1. Цель

- выявление особенностей устройства и рабочего процесса электромеханической трансмиссии.

#### 2. Теоретическая часть

Электромеханические трансмиссии имеют все большее применение на транспортных средствах. Понимание основных режимов их работы является основой при использовании диагностических процедур для элементов конструкции и системы управления трансмиссией.

В электромеханических трансмиссиях применяют три технологии преобразований энергий:

1. Механическая энергия, созданная ДВС преобразуется моторгенератором в электрическую, затем вторым мотор-генератором опять в механическую и далее с изменением параметров механической энергии (частота вращения вала, крутящий момент, распределение) подводится к ведущим колесам.
2. Электрическая энергия бортового источника (аккумуляторная батарея, конденсатор, топливный элемент) преобразуется моторгенератором в механическую и далее с изменением параметров подводится к ведущим колесам.

3. Одновременное (параллельное, двухканальное) преобразование параметров механической энергии и преобразование электроэнергии в механическую, соединение энергий двух каналов, изменение параметров механической энергии и подвод к ведущим колесам.

Эти технологии применяются в разном исполнении уже в достаточно большом количестве моделей гибридных автомобилей, электромобилей и автомобилей с топливными элементами. Поэтому в данной работе понятие «электромеханическая трансмиссия» обобщенно относится ко всем подобным преобразователям энергии.

Основными компонентами представленной электромеханической трансмиссии (рис.1) являются демпфер крутильных колебаний, моторгенераторы MG1 и MG2, планетарный делитель мощности, планетарный редуктор, двойная главная передача, дифференциал, приводные валы. Данная схема применяется на переднеприводных гибридных автомобилях Toyota Prius III, Lexus CT200h, NX300h и др.

## Гибридная трансмиссия P410

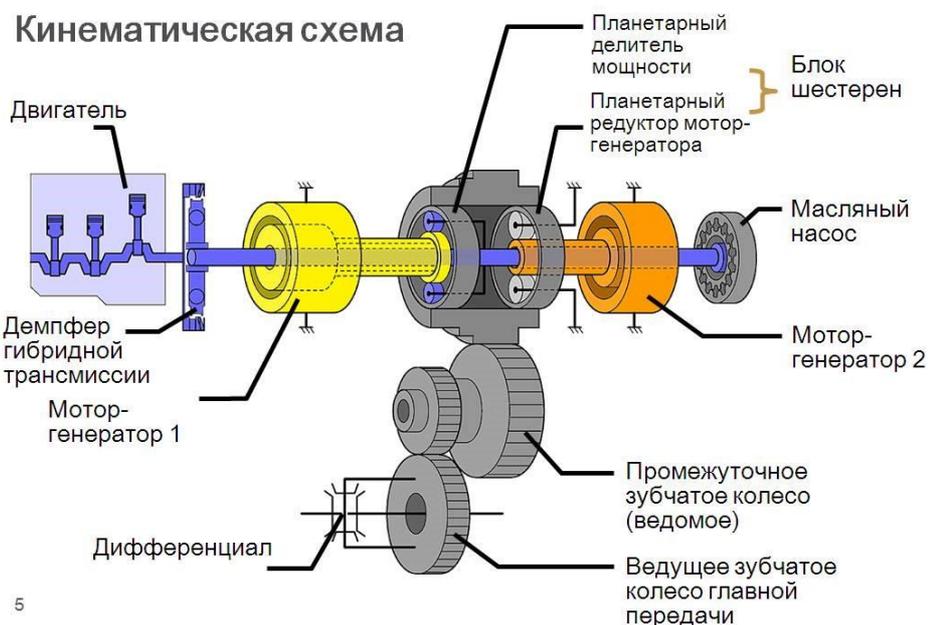


Рис.1. Схема электромеханической трансмиссии гибридного автомобиля

Демпфер крутильных колебаний предназначен для устранения пиковых нагрузок в трансмиссии при резких изменениях режима работы трансмиссии. Демпфер состоит из двух основных функциональных элементов: упругого (пружины) и гасящего (сухой однодисковый фрикцион). Их действие позволяет рассеивать энергию крутильных колебаний, уменьшать их амплитуду и изменять частоту колебаний трансмиссии.

Планетарный делитель распределяет поток мощности ДВС на два направления: один – к мотор-генератору MG1, второй – к ведущим колесам. При этом регулирование компьютером реактивного момента моторгенератора MG1 обеспечивает желаемое распределение мощности, т.е. позволяет планетарному делителю работать в режиме бесступенчатого вариатора с электронным управлением. Вал ДВС соединен с водилом

делителя, вал мотор-генератора MG1 – с солнечной шестерней, коронная шестерня передает мощность на главную передачу.

Мотор-генератор MG1 используется и в режиме стартера - для запуска ДВС, и в режиме генератора - при работающем ДВС.

Планетарный редуктор мотор-генератора MG2 предназначен для согласования режимов работы (крутящего момента и частоты вращения вала) мотор-генератора MG2 и ДВС. Редуктор выполнен понижающим с постоянно заторможенным водилом. Вал мотор-генератора MG2 связан с солнечной шестерней понижающего редуктора, коронная шестерня соединена с главной передачей.

Трансмиссия позволяет осуществлять режимы движения:

- 1) с приводом только от ДВС;
- 2) в режиме электромобиля (с приводом только от MG2);
- 3) с совместной работой и ДВС, и MG2;
- 4) рекуперативного торможения;
- 5) запуска ДВС;
- 6) подзарядки высоковольтной батареи от ДВС.

#### 4. Оборудование и материалы

- 1) Элементы конструкции электромеханической трансмиссии гибридного автомобиля.
- 2) Презентация «Конструкция электромеханической трансмиссии гибридного автомобиля».
- 3) Презентация «Рабочие процессы электромеханической трансмиссии гибридного автомобиля».

#### 5. Методика выполнения работы

- 1) Составьте кинематическую схему электромеханической трансмиссии гибридного автомобиля.

- 2) Составьте схему соединений основных электрических устройств (мотор-генераторы MG1 и MG2, инвертор, высоковольтная аккумуляторная батарея);
- 3) Поясните схему передачи мощности при:
  - а) движении с приводом только от ДВС;
  - б) движении в режиме электромобиля (с приводом только от MG2);
  - в) движении с совместной работой и ДВС, и MG2;
  - г) рекуперативном торможении;
  - д) запуске ДВС;
  - е) подзарядке высоковольтной батареи от ДВС.

б. . Содержание отчета, форма и правила оформления отчета

- 1) название работы, цели;
- 2) кинематическая схема электромеханической трансмиссии;
- 3) схема соединений основных электрических устройств (моторгенераторы MG1 и MG2, инвертор, высоковольтная аккумуляторная батарея).

## 7. Контрольные вопросы по теме работы

1. Какие достоинства для автомобиля обеспечивает использование электромеханической трансмиссии?
2. Каково назначение:
  - мотор-генераторов MG1 и MG2;
  - демпфера;
  - делителя мощности;
  - редуктора мотор-генератора MG2;
  - инвертора?

## 8.Список литературы.

[7, 11].

## ОБЩИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Волков, В. С. Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических комплексов [Текст]: учебник для вузов. – М.: «Академия», 2011.

### Дополнительная:

2. Ютт, В. Е. Электрооборудование автомобилей [Текст] / В. Е. Ютт – М. : Горячая линия – Телеком, 2009.
3. Акимов, А. В, Электрооборудование автомобилей [Текст] : учебник для вузов / А. В. Акимов, Ю. П. Чижков. – М.: За рулем, 2007.
4. Чижков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] / Ю. П. Чижков. – М.: Машиностроение, 2007.
5. Соснин, Д. А. Автотроника [Текст] : учебное пособие / Д. А. Соснин. – М.: Солон - П, 2005.
6. Краткий автомобильный справочник НИИАТ [Текст] / А. Н. Поздников [и др.]. – М.: Трансконсалтинг, НИИАТ, 1994 – 2010.
7. Автомобильный справочник BOSCH [Текст]/ Вед. ред. В. Маслов. – М.: «За рулем», 2012.
8. Журнал «Автомобиль и сервис» - [www.abs.msk.ru](http://www.abs.msk.ru).
9. [www.systemsauto.ru](http://www.systemsauto.ru).
10. Савватеев, И. Г. Метод определения электромеханических характеристик стартеров [Текст]. –Рукопись депон. в НИИНавтопром, №996 ап-Д84, 1984.
11. Иванов, А. М. Основы конструкции современного автомобиля [Текст]: учебник для вузов / А. М. Иванов, А. Н. Солнцев, В. В. Гаевский и др. – М. ООО Издательство «За рулем», 2012.