

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тракторы»

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Лабораторный практикум
для студентов специальности
1–37 01 05 «Городской электрический транспорт»

В 3 частях

Часть 1

НИЗКОВОЛЬТНОЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Минск
БНТУ
2011

УДК 621.331(076.5)(075.8)

ББК 39.16я7

Э45

Составители:

Ч.И. Жданович, П.В. Радченко

Рецензент:

А.И. Сафонов

Э45 Электрооборудование подвижного состава городского электрического транспорта: лабораторный практикум для студентов специальности 1–37 01 05 «Городской электрический транспорт»: в 3 ч. / сост. Ч.И. Жданович, П.В. Радченко. – Минск: БНТУ, 2011. – Ч. 1: Низковольтное вспомогательное электрооборудование. – 122 с.

Лабораторный практикум содержит девять лабораторных работ по дисциплине «Электрооборудование подвижного состава городского электрического транспорта» и предназначен для студентов специальности 01–37 01 05 «Городской электрический транспорт».

Лабораторные работы предусматривают изучение назначения, устройства и работы основных приборов и агрегатов электрического оборудования подвижного состава городского электрического транспорта.

ISBN 978-955-525-420-2 (Ч. 1)

ISBN 978-955-525-475-2

© БНТУ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Целью проведения лабораторных работ является углубление и закрепление знаний, полученных студентами на лекционных занятиях и в процессе самостоятельной работы над изучением дисциплины. Изучение устройства, работы и регулировок электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта (ГЭТ), а также правил ухода за ним проводится на ходовом троллейбусе производства ОАО «Белкоммунмаш», отдельных узлах и агрегатах и их макетах с использованием плакатов и чертежей по этим агрегатам и узлам.

В качестве учебной литературы при выполнении лабораторных работ используются учебники по конструкции и электрооборудованию троллейбусов, автомобилей, а также заводские инструкции по устройству и эксплуатации подвижного состава ГЭТ.

Лабораторные работы проводятся на подготовленных рабочих местах с разбивкой подгруппы на бригады по три-четыре студента. О каждой лабораторной работе оформляется отчет, при этом необходимые эскизы и схемы вычерчиваются карандашом. Отчет выполняется в тетради или на отдельных листах бумаги и проверяется преподавателем, который путем опроса студента определяет степень проработки и усвоения им пройденного материала. Преподаватель принимает решение о степени готовности студента и правильности оформления его отчета о каждой лабораторной работе.

Перед началом проведения цикла лабораторных работ студенты проходят инструктаж по технике безопасности и правилам противопожарной безопасности с отметкой о прохождении инструктажа в специальном журнале лаборатории. Инструктаж проводит преподаватель, ведущий лабораторные работы.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед началом проведения всего цикла лабораторных работ студенты проходят инструктаж по технике безопасности, о чем делается соответствующая запись в специальном журнале лаборатории, где выполняются работы. Также студенты должны изучить специальные инструкции по правилам безопасности проведения работ и строго их соблюдать.

При проведении монтажно-демонтажных и регулировочных работ необходимо использовать только исправный инструмент, при этом детали, узлы и механизмы должны быть надежно установлены и зафиксированы на монтажном столе. В процессе проведения работы нельзя располагать детали на краю стола. При сборке узлов и механизмов совмещение отверстий соединяемых деталей проверять только стержнем или воротком.

При выполнении лабораторных работ с узлами, имеющими подвижные детали, необходимо соблюдать особую осторожность при проворачивании валов и шестерен, а также при приведении в движение других деталей и узлов.

При проведении лабораторных работ на ходовых троллейбусах машина должна быть надежно заторможена и отключена от питающей электрической сети.

Предпосылкой к безопасной работе является внимательное отношение каждого студента к выполнению задания и содержанию рабочего места в чистоте и порядке.

Лабораторная работа № 1

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 12 И 24 В

Цель работы: изучение назначения и устройства электродвигателей, принципа их работы и основных характеристик; изучение применения вспомогательных электродвигателей на напряжение 12 и 24 В на подвижном составе ГЭТ.

Приборы и оборудование: плакаты и чертежи по устройству и работе электродвигателей, натурные электродвигатели, инструмент.

Общие сведения

Электродвигатели предназначены для преобразования электрической энергии в механическую. Основными параметрами, характеризующими электродвигатель, являются:

- габаритные размеры, мм;
- масса, кг;
- номинальная мощность, кВт;
- напряжение, В;
- номинальная частота вращения, мин⁻¹;
- номинальный ток, А.

Полезную мощность, на которую рассчитан электродвигатель по условиям нагрева, называют *номинальной*. В зависимости от характера и длительности работы различают три основных номинальных режима работы электродвигателей:

- продолжительный;
- кратковременный;
- повторно-кратковременный.

Электродвигатели на напряжение 12 и 24 В, применяемые на подвижном составе ГЭТ, являются вспомогательными. Номинальным режимом работы вспомогательных двигателей считают продолжительный или повторно-кратковременный режим, так как эти машины работают с практически неизменной нагрузкой непрерывно или с регулярными и последующими включениями. Для повторно-кратковременного режима работы существует характеристика – относительная продолжительность рабочего периода, т. е. отношение

времени рабочего периода к продолжительности цикла (выражается в процентах).

Электродвигатель постоянного тока состоит из корпуса с закрепленными в нем полюсами, якоря, коллектора, щеткодержателей со щетками, подшипниковых узлов, вентилятора для охлаждения и др. Корпус является элементом жесткости и магнитопроводом, так как через него замыкается магнитный поток, поэтому он отливается из стали с высокой магнитной проницаемостью. Полюсы состоят из сердечников, набранных из штампованных стальных листов или выполненных в виде обработанных стальных отливок, и уложенных вокруг них обмоток возбуждения. Якорь состоит из вала, сердечника с обмоткой и коллектора. Сердечник якоря набран из листов электротехнической стали, изолированных лаком между собой для уменьшения потерь энергии на вихревые токи. Пазы сердечника скошены, что способствует уменьшению шума при работе двигателя. Обмотку якоря выполняют в виде катушек и закрепляют в пазах либо металлическими бандажками, либо клиньями из текстолита. Коллектор предназначен для распределения тока по обмотке якоря. Он состоит из комплекта коллекторных пластин. Через щетки ток передается на коллектор якоря и поступает в обмотку якоря. Для уменьшения износа коллектора якоря двигателя и для упрощения и удешевления ремонта двигателя щетки изготавливают электрографитными или меднографитными

Принцип работы электродвигателя заключается в следующем: вращение вызывается силами магнитного притяжения и отталкивания, действующими между полюсами подвижного электромагнита – якоря (ротора) и соответствующими полюсами внешнего магнитного поля, создаваемого неподвижным электромагнитом (или постоянным магнитом) – статором. У электродвигателей постоянного тока с электромагнитным возбуждением ток подводится к обмоткам якоря и обмоткам возбуждения. Однако конструкция электродвигателя не проста, поскольку необходимо добиться того, чтобы двигатель вращался непрерывно и равномерно. Для этого нужно, чтобы полюс подвижного электромагнита (якоря), притянувшись к противоположному полюсу статора, автоматически менялся на противоположный, тогда якорь не замрет на месте, а повернется дальше – по инерции и под действием возникших в этот момент сил отталкивания. Для автоматического переключения полюсов якоря служит

коллектор. Он представляет собой набор закрепленных в определенной последовательности на валу ротора пластин, к которым подключены обмотки якоря. Ток на эти пластины подается через подвижные контакты (щетки). При повороте якоря на 180° пластины меняются местами относительно щеток – это автоматически меняет направление тока в обмотках якоря и, следовательно, полюсы подвижного электромагнита, когда при вращении якоря его обмотки переходят в другую параллельную ветвь, т. е. попадают в пространство под другим полюсом статора. Таким образом, направление тока в обмотках якоря, находящихся под данным полюсом статора, все время остается неизменным (рис. 1.1).

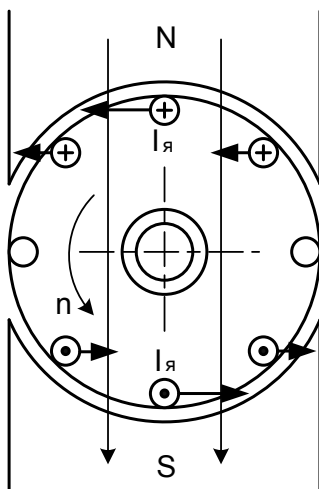


Рис. 1.1. Принцип работы электродвигателя постоянного тока

Для вращения вала электродвигателя постоянного тока в противоположную сторону необходимо изменить направление тока (полярность) на якоре или на обмотках статора электродвигателя. Электродвигатели, способные вращаться в любую сторону, называются серводвигателями. Обычно в таких электродвигателях на полюсах статора располагаются по две обмотки возбуждения, каждая из которых создает магнитное поле при необходимости вращения вала электродвигателя в ту или обратную сторону.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации к электродвигателям предъявляются различные требования по режиму работы, пусковым и рабочим характеристикам. Режим работы электродвигателя определяется длительностью работы и характером нагрузки. К общим требованиям можно отнести минимальные габаритные размеры, массу, металлоемкость и стоимость, работоспособность в широком диапазоне температур окружающей среды, низкий уровень шума, отсутствие радиопомех, высокую надежность, минимальные затраты на техническое обслуживание в эксплуатации. На подвижном составе ГЭТ распространены электродвигатели постоянного тока с электромагнитным возбуждением. Электромагнитное возбуждение бывает параллельным, последовательным и смешанным.

Параллельное электромагнитное возбуждение или независимое возбуждение от постоянных магнитов обеспечивают необходимую жесткость механической характеристики, т. е. частота вращения вала этих электродвигателей мало зависит от нагрузки. В двигателе параллельного возбуждения (рис. 1.2) обмотка возбуждения включена на напряжение сети, т. е. параллельно обмотке якоря. При указанных условиях частота вращения вала двигателя изменяется незначительно, так как сопротивление якоря очень мало. При изменении момента от нуля до номинального значения частота вращения изменяется незначительно (3–8 %). Такая характеристика называется жесткой.

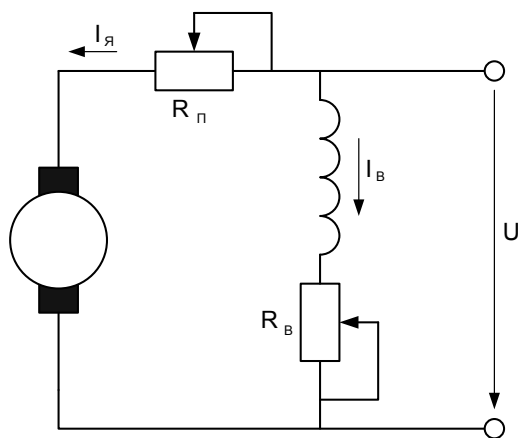


Рис. 1.2. Схема электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

При последовательном электромагнитном возбуждении достигается высокая кратность пускового вращающего момента к номинальному. В двигателе последовательного возбуждения (рис. 1.3) обмотка возбуждения включена последовательно с обмоткой якоря. Обмотку возбуждения делают из небольшого числа витков провода большого сечения, чтобы ее сопротивление было небольшим. Для двигателя последовательного возбуждения режим холостого хода невозможен, так как при токе якоря, близком к нулю, ток возбуждения и магнитный поток также близки к нулю, частота вращения двигателя увеличивается в несколько раз по сравнению с номинальной и двигатель «идет вразнос». По этой причине двигатель всегда запускают при нагрузке не менее 25 % от номинального значения. Для двигателя последовательного возбуждения характерны заметное снижение частоты вращения с увеличением нагрузки и возрастание при малых нагрузках. При больших токах якоря (больших моментах) частота вращения меняется мало. Такая характеристика называется мягкой.

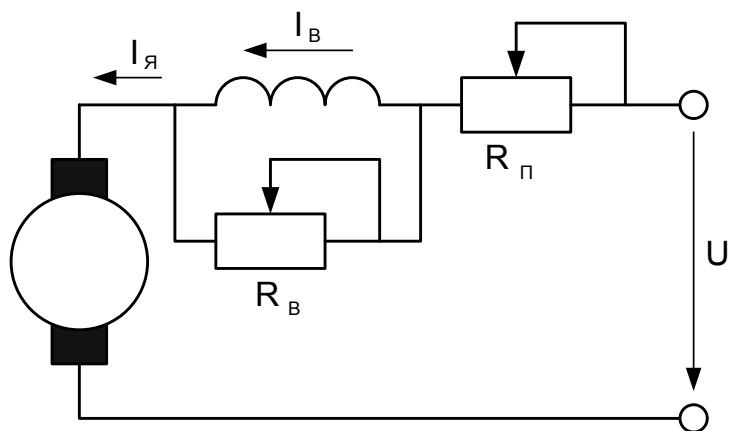


Рис. 1.3. Схема электродвигателя постоянного тока с последовательным возбуждением

Двигатели смешанного возбуждения (рис. 1.4) имеют две обмотки возбуждения, одна из которых включена параллельно обмотке якоря, а другая – последовательно с ней. Когда параллельная и по-

следовательная обмотки возбуждения создают потоки, совпадающие по направлению, двигатель смешанного возбуждения имеет характеристики, занимающие промежуточное положение между характеристиками двигателей параллельного и последовательного возбуждения. Такое включение обмоток возбуждения применяют в тех случаях, когда одновременно нужно иметь большой пусковой момент и работать при малых нагрузках.

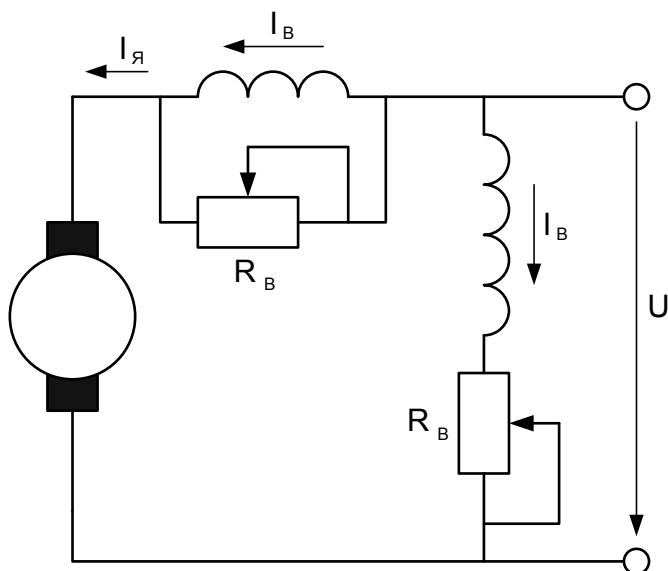


Рис. 1.4. Схема электродвигателя постоянного тока со смешанным возбуждением

На подвижном составе ГЭТ, как и на других транспортных средствах, широко применяются электродвигатели на напряжение 12 и 24 В для привода вспомогательного оборудования.

Электродвигатель Г-732А применяется в троллейбусах для привода насоса гидроусилителя рулевого управления. Он представляет собой четырехполюсную электрическую машину закрытого исполнения с внешним обдувом от собственных вентиляторов.

Электродвигатель Г-108А (Г-108Г) применяется в троллейбусах (Г-108Г – в трамвайных вагонах) в качестве электропривода дверей. Двигатель выполнен двухполюсным, с последовательным

(Г-108Г - параллельным) возбуждением. Он имеет защищенное исполнение и самовентиляцию. Его рабочий цикл складывается из двухстороннего вращения, причем каждому направлению вращения двигателя Г-108А соответствует возбуждение одной из двух обмоток полюсов, а в двигателе Г-108Г происходит изменение направления тока в обмотке возбуждения.

Электродвигатель МЭ-233 используется как привод вентиляторов системы отопления. Имеет закрытое исполнение. Направление вращения – левое.

Электродвигатель МЭ-221Б применяется в троллейбусах в качестве электропривода стеклоочистителей. Имеет конструкцию с вмонтированным редуктором, уменьшающим скорость вращения.

Электродвигатель МЭ-205 – осуществляет привод вентилятора в кабине водителя. Имеет закрытое исполнение, двухполюсный, вращение правое.

Электродвигатель ПЛ-072А – двигатель группового реостатного контроллера. Он представляет собой электрическую машину с параллельным возбуждением и вентиляцией. Каждому направлению вращения соответствует возбуждение одной из двух обмоток статора.

Характеристики электродвигателей приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Характеристики электродвигателей на напряжение 12 и 24 В

Параметр	Марка электродвигателя					
	Г-732А	Г-108А	ПЛ-072А	МЭ-233	МЭ-221Б	МЭ-205
Напряжение, В	24	24	24	24	12	24
Мощность часового режима, кВт	1,2	0,2	0,15	0,025	0,015	0,004
Номинальная частота вращения, об/мин	1380	1200	1350	3000	1500	2100
Масса, кг	45	9,1	1,5	1,25	2,2	0,5
Схема возбуждения	Парал.	Послед.	Парал.	Послед.	Смеш.	Послед.

На современных моделях троллейбусов используются вышеуказанные электродвигатели и их более новые модификации. Ниже приведены основные характеристики электродвигателей Г-732В и ПЛ-072Д, применяемых на троллейбусах модели 201 (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Характеристики электродвигателей Г-732В и ПЛ-072Д

Параметр	Марка электродвигателя	
	Г-732В	ПЛ-072Д
Напряжение, В	28,5	24
Мощность часового режима, кВт	1,20	0,15
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1500–2900	1350
Ток длительного режима, А	48	10
Масса, кг	46,5	1,5

Кроме того, на троллейбусах модели 201 в качестве электродвигателей привода штангоуловителей применяются диностартеры ДС-16. Они представляют собой электрические машины консольного типа. Основные характеристики двигателя приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Характеристики электродвигателя ДС-16

Параметр	Значение
Номинальная мощность, кВт	3,3–5,0
Напряжение включения, В	24
Номинальное напряжение, В	12
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1400
Номинальный ток, А	140–210
Масса, кг	7

Порядок выполнения работы

1. По натурным электродвигателям на напряжение 12 и 24 В и плакатам изучить устройство и принцип работы электродвигателей постоянного тока.

2. При помощи инструмента произвести неполную разборку и сборку электродвигателя Г-108А.

3. Вычертить схемы подключения обмоток возбуждения в электродвигателях постоянного тока.

4. Ознакомиться с правилами эксплуатации и обслуживания электродвигателей постоянного тока на напряжение 12 и 24 В.

Содержание отчета

1. Схемы подключения обмоток возбуждения в электродвигателях.
2. Таблица основных характеристик электродвигателей постоянного тока на напряжение 12 и 24 В, применяемых на подвижном составе ГЭТ.
3. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение электродвигателей постоянного тока.
2. Применение электродвигателей постоянного тока на напряжение 12 и 24 В на подвижном составе ГЭТ.
3. Устройство электродвигателей постоянного тока.
4. Принцип работы электродвигателей постоянного тока.
5. Схемы подключения обмоток возбуждения в электродвигателях постоянного тока.
6. Параметры, характеризующие электродвигатели постоянного тока.
7. Возможные неисправности и обслуживание электродвигателей постоянного тока.

Лабораторная работа № 2

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Цель работы: изучение назначения, классификации и конструкций аккумуляторных батарей, их технических характеристик, способов проверки аккумуляторных батарей и их технического обслуживания.

Приборы и оборудование: работоспособная аккумуляторная батарея с электролитом, натурные аккумуляторные батареи, денсиметр, стеклянная трубка, нагрузочная вилка, аккумуляторный пробник, термометр, мерная посуда, резиновая груша, зарядное устройство, плакаты по устройству аккумуляторных батарей и их техническому обслуживанию.

Общие сведения

Аккумуляторные батареи, устанавливаемые на подвижном составе ГЭТ, предназначены для электроснабжения низковольтных потребителей (12 и 24 В) при неработающем основном источнике питания (генератор или статический преобразователь) и в случаях, когда потребляемая мощность превышает допустимую для этого источника величину. Аккумуляторные батареи являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно. Активные материалы, израсходованные в процессе разряда, восстанавливаются при последующем заряде. Аккумуляторная батарея представляет собой совокупность реагентов (окислителя и восстановителя) и электролита. Восстановитель (отрицательный электрод) электрохимической системы в процессе токообразующей реакции отдает электроны и окисляется, а окислитель (положительный электрод) восстанавливается. Электролитом, как правило, является жидкое химическое соединение, обладающее хорошей ионной и малой электронной проводимостью. По типу протекающих химических реакций аккумуляторные батареи подвижного состава подразделяют на кислотные и щелочные.

Аккумуляторные батареи (рис. 2.1) состоят из определенного числа последовательно соединенных аккумуляторов, расположенных в ячейках общего корпуса, называемого моноблоком. Номинальное

напряжение каждого кислотного аккумулятора равно 2 В, а щелочного – 1,2 В. Количество аккумуляторов в одной аккумуляторной батарее подбирается таким образом, чтобы общее номинальное напряжение батареи составляло, как правило, 6, 12, 24 или 48 В.

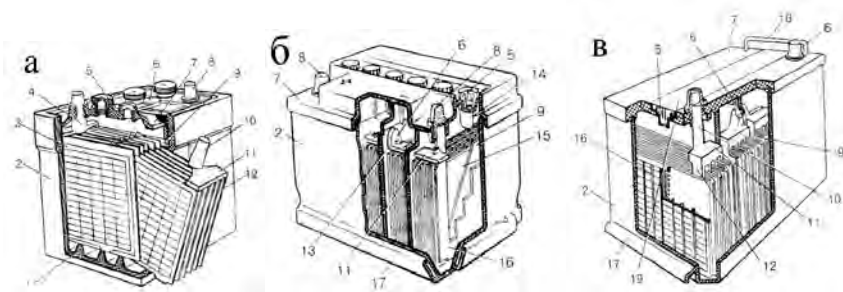


Рис. 2.1. Аккумуляторные батареи:

а – в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементными перемычками над крышками; *б, в* – с межэлементными перемычками через перегородки; 1 – опорные призмы моноблока; 2 – моноблок; 3 – полублок отрицательных электродов; 4 – барретка; 5 – пробка; 6 – межэлементная перемычка; 7 – крышка; 8 – полюсный вывод; 9 – сепаратор; 10 – борн; 11 – мостик; 12 – полублок положительных электродов; 13 – перегородка моноблока; 14 – индикатор уровня электролита; 15 – положительный электрод; 16 – отрицательный электрод; 17 – выступ моноблока; 18 – ручка; 19 – планка

Каждый аккумулятор состоит из блока пластин, помещенного в отдельный корпус или ячейку моноблока. Блок пластин состоит из положительного и отрицательного пакетов (полублоков) пластин, изолированных друг от друга сепараторами. Пластины часто называют электродами. Все положительные пластины аккумулятора приварены к стальному мостику, имеющему выходной борн (клемму), и образуют полублок положительных пластин. Отрицательные пластины таким же образом соединены в полублок отрицательных пластин.

Сепараторы предотвращают замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междуэлектродном пространстве и предотвращают возможность переноса электролита от одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют зазор между электродами и исключают вероятность их сдвига при тряске и вибрации. Сепараторы представляют собой тонкие прямоугольные пластины с вертикальными выступами. В необслуживаемых аккумуля-

торных батареях применяют пленочные сепараторы и сепараторы-конверты (рис. 2.2).

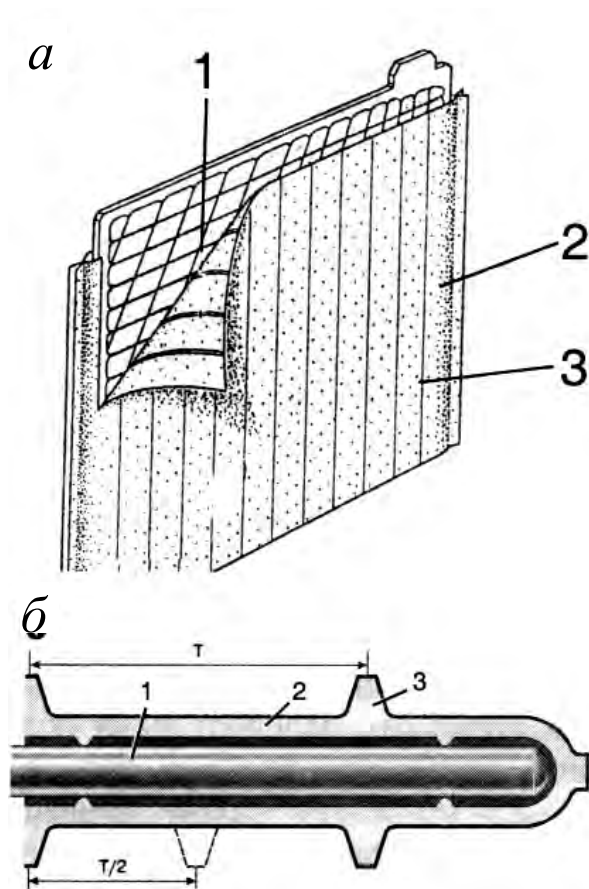


Рис. 2.2. Сепаратор-конверт:

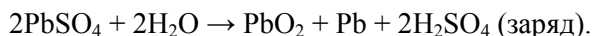
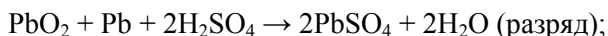
- a* – размещение пластины (электрода) в сепараторе-конверте;
- б* – сечение сепаратора-конверта с электродом; 1 – положительный электрод;
- 2 – сепаратор; 3 – ребра сепаратора; T – расстояние между ребрами сепаратора

Обычно в целях меньшей деформации положительных пластин в одном аккумуляторе отрицательных пластин на одну больше, чем положительных. Большинство аккумуляторов имеют пластины решетчатого или ламельного типа.

Пластины заполняют активной массой, а блок пластин в корпусе аккумулятора помещают в электролит.

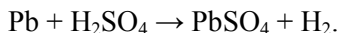
Кислотные аккумуляторные батареи широко применяются на машинах, оборудованных двигателями внутреннего сгорания, и служат для пуска основного, или пускового, двигателя электрическим стартером, а также для питания других потребителей при неработающем двигателе или работающем с малой частотой вращения. Кислотные аккумуляторные батареи обеспечивают отдачу большого тока при незначительном внутреннем падении напряжения. Отдача большого тока необходима для запуска двигателя стартером. Поэтому такие батареи называются стартерными. В кислотных аккумуляторах применяются пластины решетчатого типа. Широко распространены стартерные кислотные свинцовые аккумуляторные батареи. В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют двуокись свинца (диоксид свинца) PbO_2 (окислитель) положительного электрода, губчатый свинец Pb (восстановитель) отрицательного электрода и электролит (водный раствор серной кислоты H_2SO_4).

Суммарная реакция в свинцовом аккумуляторе имеет вид



Таким образом, при разряде свинцового аккумулятора на обоих электродах формируется малорастворимый сульфат свинца (двойная сульфатация) и происходит сильное разбавление серной кислоты.

Выделение водорода имеет место и при хранении заряженного свинцового аккумулятора. Саморазряд его определяется преимущественно скоростью растворения свинца согласно реакции



В процессе эксплуатации саморазряд аккумулятора может увеличиваться из-за образования дендритных мостиков из металлического свинца. Потери емкости свежизготовленного аккумулятора за счет саморазряда, как правило, не превышают 2–3 % в месяц. Но при эксплуатации они быстро увеличиваются.

На подвижном составе ГЭТ широко применяются щелочные аккумуляторные батареи. В щелочных аккумуляторах применяются ламельные, прессованные и металлокерамические электроды. Пластины ламельного типа выполнены из отдельных ламелей (пакетов) с запрессованной в них активной массой и соединенных рамкой в пластину (рис. 2.3). Ламели штампуются из листовой никелированной стали, имеющей мельчайшие отверстия (перфорацию) для прохода электролита к активной массе. В зависимости от состава активной массы электродов щелочные аккумуляторы бывают железоникелевые, никель-кадмиевые, цинконикелевые и др. Наибольшее распространение получили никель-кадмиевые аккумуляторные батареи. Активной массой положительных пластин у никель-кадмиевого аккумулятора служит смесь гидрата окиси никеля Ni(OH)_3 с чешуйчатым графитом. Активная масса отрицательных пластин состоит из смеси губчатого кадмия Kd и губчатого железа Fe .

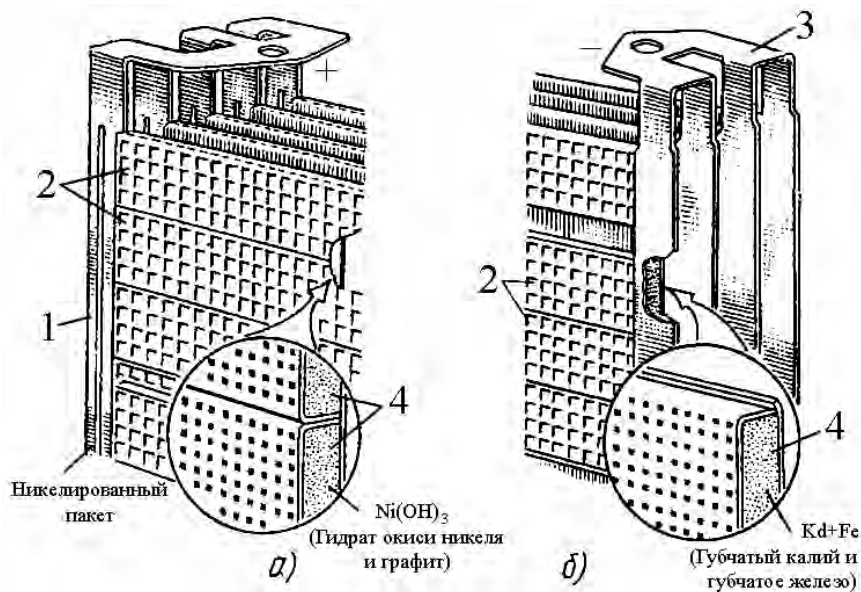


Рис. 2.3. Ламельная конструкция пластин щелочного аккумулятора:
 1 – рамка; 2 – ламели (пакеты); 3 – пакет (полублок) пластин; 4 – активная масса

Суммарная реакция в Ni-Cd аккумуляторе имеет вид

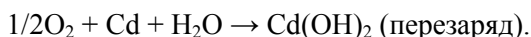


Электролит в основной токообразующей реакции не участвует.

При перезаряде никель-кадмиевых аккумуляторов на положительном электроде идет побочный процесс выделения кислорода:



Кислород сквозь пористый сепаратор достигает отрицательного электрода и восстанавливается на нем:



Последняя реакция создает замкнутый кислородный цикл и обеспечивает стабилизацию давления в герметичном никель-кадмиевом аккумуляторе при его перезаряде.

Ni-Cd аккумуляторы любят быстрый заряд, медленный разряд до состояния полного разряда. Если для никель-кадмиевых аккумуляторов не производить полный периодический разряд, то на пластинах элементов формируются крупные кристаллы, значительно снижающие их емкость (так называемый «эффект памяти»).

Преимущества Ni-Cd аккумуляторных батарей:

- возможность быстрого и простого заряда, даже после длительного хранения аккумулятора;
- хорошая нагрузочная способность и возможность эксплуатации при низких температурах;
- продолжительные сроки хранения при любой степени заряда;
- сохранение стандартной емкости при низких температурах;
- наибольшая приспособленность для использования в жестких условиях эксплуатации;
- низкая стоимость.

Недостатки Ni-Cd аккумуляторных батарей:

- относительно низкая по сравнению с другими типами аккумуляторных батарей энергетическая плотность;

– присущий этим аккумуляторам эффект памяти и необходимость проведения периодических работ по его устранению;

– токсичность применяемых материалов, что отрицательно сказывается на экологии, в связи с чем некоторые страны ограничивают использование аккумуляторов этого типа.

При разряде в электролите увеличивается количество воды и уменьшается количество серной кислоты или щелочи, т. е. плотность электролита снижается. При заряде имеет место обратный процесс. Поэтому плотность электролита является одним из важнейших показателей, по которому в процессе эксплуатации контролируется техническое состояние аккумуляторной батареи.

Плотность электролита в аккумуляторной батарее устанавливается в зависимости от климатической зоны, в которой эксплуатируется механическое транспортное средство (Республика Беларусь находится в умеренной климатической зоне).

Плотность электролита кислотных аккумуляторов в летний и зимний период должна быть $1,26 \text{ г/см}^3$. Плотность электролита щелочных аккумуляторов в летний период должна быть $1,19\text{--}1,21 \text{ г/см}^3$, в зимний $1,26\text{--}1,28 \text{ г/см}^3$ без добавки едкого лития аккумуляторного.

Электролит готовят в специальной (эбонитовой, керамической, пластмассовой или свинцовой) посуде. Посуду из обычного стекла применять нельзя, так как при смешивании кислоты (щелочи) с водой раствор быстро нагревается до высокой температуры и такая посуда может лопнуть. Приготавливая электролит, кислоту (щелочь) нужно лить тонкой струей в воду и одновременно перемешивать раствор длинной стеклянной палочкой. **Лить воду в кислоту (щелочь) категорически запрещается.**

Кислотные аккумуляторные стартерные батареи обозначаются следующим образом:

1) указывается количество последовательно соединенных аккумуляторов (3, 6 или 12), определяющих номинальное напряжение батареи (6, 12 или 24);

2) указывается назначение батареи – стартерная (СТ);

3) показывается номинальная емкость при 20-часовом режиме разряда.

Материал моноблока обозначается буквой после номинальной емкости: Э – эбонит, Т – термопласт, П – морозостойкий и ударо-

прочный полипропилен или полиэтилен; материал сепараторов – буквами: М – мипласт, Р – мипор, С – стекловолокно. Буква А в обозначении указывает на то, что батарея имеет общую крышку, буква Н – батарея несухозаряженная. Таким образом, полное обозначение батарей будет иметь вид 6СТ-190ЭМС, 3СТ-150ТР, 6СТ-60ПМ, 6СТ-128ТМН, 6СТ-55А.

Щелочные аккумуляторные батареи обозначаются следующим образом:

1) электрохимическая система аккумуляторов (К – никель-кадмиевая);

2) конструкция пластин (электродов) (Р – ламельная, S – металлокерамическая);

3) режимы разрядов (L – для питания постоянным током в длительном режиме; М – для питания постоянным током в среднем режиме; Н – для питания постоянным током в коротком и импульсном режимах; X – для запуска стартерным режимом);

4) номинальная емкость (А·ч) при 5-часовом режиме разряда до конечного напряжения 1,0 В на аккумулятор при температуре (20+5) °С;

5) исполнение сосуда.

Обозначение никель-кадмиевого аккумулятора с ламельными электродами короткого режима разряда, емкостью 150 А·ч в пластмассовом сосуде будет иметь вид *KPH 150 P*.

При проверке технического состояния аккумуляторных батарей используют приспособления для определения уровня электролита, аккумуляторные денсиметры и плотномеры, нагрузочные вилки и пробники (рис. 2.4).

Определение уровня электролита осуществляется стеклянной трубкой (мениском) с внутренним диаметром 3–6 мм. Уровень электролита у батареи обычной конструкции (т. е. обслуживаемых) должен быть на 10–15 мм выше предохранительной сетки. Удаление избыточного электролита, доливку дистиллированной воды или электролита удобно производить резиновой грушей.

Аккумуляторные денсиметры предназначены для определения плотности электролита. Денсиметр помещается в стеклянную колбу с резиновой грушей. Набрав грушей электролит в колбу до всплытия денсиметра, по шкале денсиметра определяют плотность электролита. В случае необходимости вносят температурную поправку.

Денсиметры имеют шкалы от 1,10 до 1,30 и от 1,20 до 1,40 с ценой деления 0,01 г/см³. Температуру электролита измеряют термометром с ценой деления 1 °С.

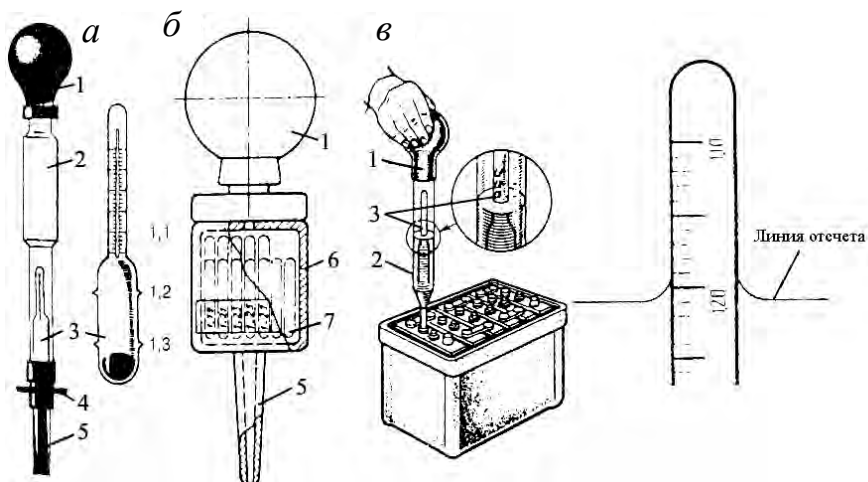


Рис. 2.4. Приборы для измерения плотности электролита:

а – денсиметр с пипеткой; *б* – плотномер; *в* – измерение плотности денсиметром; *1* – резиновая груша; *2* – пипетка; *3* – денсиметр; *4* – резиновая пробка; *5* – пластмассовая трубка (наконечник); *б* – прозрачный корпус; *7* – пластмассовые поплавки

Если плотность электролита в аккумуляторах одной батареи отличается более чем на 0,01 г/см³, то производят корректировку плотности. Для этого резиновой грушей необходимо удалить часть электролита из банок с повышенной или пониженной плотностью и добавить в них соответственно дистиллированную воду или электролит плотностью 1,40 г/см³. Объем удаляемого электролита можно определить по формуле

$$V_y = V_6 \cdot \frac{\rho_k - \rho_n}{\rho_z - \rho_n},$$

где V_y – объем удаляемого электролита, см³;

V_6 – объем электролита в одной банке батареи (получается делением полного объема электролита в батарее, который дается в паспорте, на количество банок), см³;

ρ_n – начальная плотность электролита в банке до корректировки, г/см³;

ρ_3 – плотность заливаемого раствора кислоты, щелочи или воды, г/см³;

ρ_k – плотность электролита, которую нужно получить после корректировки, г/см³.

Для определения объема удаляемого электролита используют мерную посуду. Если при проверке плотности окажется, что батарея разряжена более чем на 50 % летом и 25 % зимой, то ее следует снять с эксплуатации и зарядить в стационарных условиях.

Температура замерзания электролита зависит от его плотности. В условиях отрицательных температур при сильной степени разряда батареи возможно ее механическое разрушение из-за замерзания электролита.

Определение степени разряженности аккумуляторов батареи с межэлементными переключками над крышками по напряжению под стартерной нагрузкой производят нагрузочной вилкой (рис. 2.5) посредством поочередного подключения ее ножек к выводам каждого аккумулятора батареи. У полностью заряженного кислотного аккумулятора показание вольтметра должно быть в пределах 1,7–1,8 В, у щелочного – 1,1–1,15 В. Напряжение должно быть устойчивым не менее 5 с. Напряжение на отдельных аккумуляторах не должно отличаться более чем на 0,2 В. Если вольтметр нагрузочной вилки имеет на шкале боковой нуль, то при использовании вилки необходимо соблюдать полярность ее подключения к выводам отдельных аккумуляторов. При испытании батареи нагрузочной вилкой или пробником заливные отверстия в крышках аккумуляторов должны быть закрыты пробками.

Пробником Э-107 проверяют работоспособность 12-вольтных батарей с межэлементными переключками под крышкой. При проверке батареи щуп 7 подключается к отрицательному выводу, а контактная ножка 5 – к положительному выводу батареи. Аккумуляторы, плотность электролита в которых ниже нормы, проверять под нагрузкой не рекомендуется.

Зарядку аккумуляторной батареи производят током постоянной силы или при постоянном напряжении. Зарядка током постоянной силы производится от стационарного источника постоянного тока. Для зарядки положительный вывод батареи соединяют с положи-

тельным выводом зарядного устройства, а отрицательный – с отрицательным. Величина начального зарядного тока должна быть численно равной 0,1 от емкости батареи, А. Зарядку ведут до напряжения 2,4 В у кислотной и 1,35 В у щелочной батареи на каждом аккумуляторе (начало обильного газовыделения), после чего ток уменьшают на 50 % и продолжают заряжать при обильном газовыделении до постоянных напряжений (2,7 (1,4) В на каждом аккумуляторе) и плотности электролита, которые не должны меняться в течение двух часов. Затем при непрерывающемся заряде производят корректировку плотности электролита, если она отличается от величины, установленной для данной климатической зоны. После доливки в аккумулятор воды или электролита заряд продолжают в течение 30 мин. Замер и окончательную корректировку уровня электролита производят через 30 мин после отключения зарядного устройства.

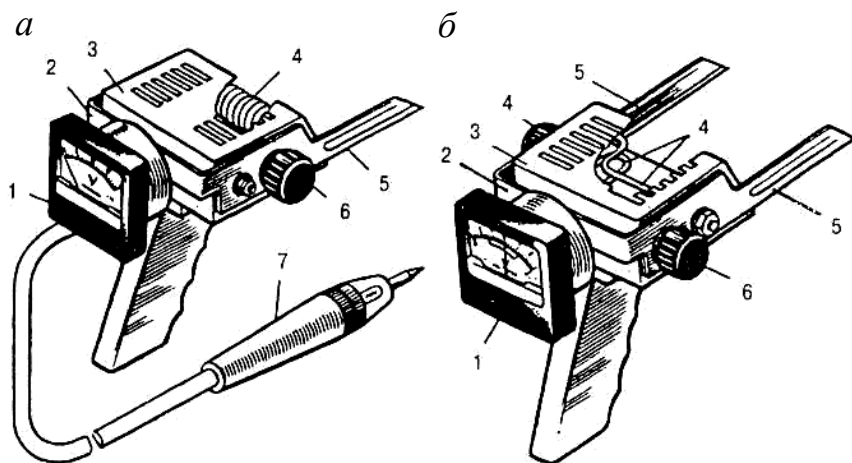


Рис. 2.5. Аккумуляторный пробник (а) и нагрузочная вилка (б):
 1 – вольтметр; 2 – кронштейн; 3 – корпус; 4 – нагрузочное сопротивление;
 5 – контактная ножка; 6 – контактная гайка; 7 – шуп

К заряжаемой батарее **нельзя подносить открытый огонь**, заливочные отверстия аккумуляторов должны быть открытыми. Зарядка производится при включенной вытяжной вентиляции. Температура электролита не должна превышать 45 °С для холодной и

умеренной климатических зон и 50 °С для жаркой и теплой влажной зон. **Выключение и включение батарей в цепь заряда нужно производить при отключенном от сети зарядном устройстве.** Клеммные зажимы на выводах батареи должны быть чистыми, плотными и не искрить.

Зарядка аккумуляторных батарей при постоянном напряжении производится непосредственно на транспортных средствах, где напряжение генератора поддерживается регулятором. Зарядное напряжение определяется из расчета 13,8–14,4 В для 12-вольтовой батареи и 26,5–28 В для 24-вольтовой. Зарядка батарей при постоянном напряжении в ряде случаев предпочтительнее зарядки током постоянной силы, так как позволяет производить процесс ускоренно, хотя полной зарядки батареи и не достигается. Полностью разряженная батарея заряжается до 90–95 % номинальной емкости за 2–3 часа.

Порядок выполнения работы

1. По натурным аккумуляторным батареям и по плакатам изучить устройство кислотных и щелочных аккумуляторных батарей.

2. Заэскизировать аккумуляторную батарею, показав один из ее аккумуляторов в разрезе.

3. Ознакомиться с устройством аккумуляторного пробника, нагрузочной вилки и приборов для определения плотности электролита и порядком работы с ними.

4. Определить уровень электролита в банках аккумуляторной батареи, плотность электролита, ЭДС и напряжение под нагрузкой.

5. Подсоединить аккумуляторную батарею к зарядному устройству и установить требуемую для нее величину зарядного тока.

6. Откорректировать (в случае необходимости) уровень и плотность электролита в банках аккумуляторной батареи.

7. Выключить зарядное устройство, отключить от него аккумуляторную батарею. Убрать рабочее место.

Содержание отчета

1. Эскизы аккумуляторной батареи, нагрузочной вилки и денсиметра.

2. Схема замера уровня электролита.

3. Результаты замера плотности, температуры и уровня электролита, ЭДС и напряжения под нагрузкой в отдельных аккумуляторах батареи, сведенные в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты проверки АКБ

Номер аккумулятора	Плотность электролита, г/см ³	Температура электролита, °С	Плотность электролита, приведенная к 25°С, г/см ³	Уровень электролита, мм	ЭДС, В	Напряжение под нагрузкой, В	Ст. реж.

4. Заключение о пригодности аккумуляторной батареи к эксплуатации.

5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Устройство кислотных и щелочных аккумуляторных батарей.
2. Химические реакции, протекающие в свинцовом и никель-кадмиевом аккумуляторах при зарядке и разрядке.
3. ЭДС и напряжение аккумулятора.
4. Емкость аккумуляторных батарей.
5. Обозначение кислотных и щелочных аккумуляторных батарей.
6. Приспособления для проверки технического состояния аккумуляторных батарей, их назначение и порядок использования.
7. Корректировка плотности электролита.
8. Проверка степени разряженности батареи в эксплуатации.
9. Правила техники безопасности при эксплуатации аккумуляторных батарей, при проверке их технического состояния и при заряде.
10. Порядок заряда аккумуляторных батарей.
11. Неисправности батарей, их причины и способы устранения.

Лабораторная работа № 3

ГЕНЕРАТОРЫ. СТАТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Цель работы: изучение назначения, конструкций и работы генераторов и статических преобразователей напряжения, правил их эксплуатации и технического обслуживания.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству генераторов, натурные генераторы, плакаты по конструкции и работе статического преобразователя напряжения, натуральный статический преобразователь, набор инструмента, тестер.

Общие сведения

На подвижном составе ГЭТ в качестве основного источника постоянного тока низкого напряжения применяются генератор или статический преобразователь. Ток, получаемый от этих источников, предназначен для питания электропотребителей, включенных в низковольтную бортовую сеть машины, и зарядки аккумуляторных батарей. В настоящее время почти весь серийно производимый подвижной состав городского электротранспорта оснащается статическими преобразователями напряжения. Но достаточно широко на сегодняшний день применяются и генераторы.

Генераторы преобразовывают механическую энергию в электрическую и рассчитаны, как правило, на номинальное напряжение 14 или 28 В. Генераторы бывают переменного и постоянного тока. Генераторы постоянного тока по своей конструкции аналогичны электродвигателям постоянного тока. На подвижном составе в основном применяются трехфазные синхронные генераторы переменного тока с вращающейся обмоткой возбуждения, питаемой через щетки и контактные кольца.

К генераторам предъявляются следующие требования: простота конструкции; долговечность и надежность в эксплуатации; малые габариты, масса и стоимость; большая удельная мощность (мощность на 1 кг массы).

Перечисленным требованиям в большей степени удовлетворяют только генераторы переменного тока со встроенным выпрямителем, поэтому они нашли широкое применение на современных автомобилях и других мобильных машинах.

Такие генераторы по сравнению с генераторами постоянного тока проще по конструкции, имеют меньшие габаритные размеры и массу при той же мощности, более надежны в эксплуатации, а расход меди на обмотки примерно в 2,5 раза меньше. В генераторах переменного тока нет коллектора, вместо сложной обмотки якоря применяется технологически простая обмотка статора, обмотка возбуждения состоит из одной катушки. Удельная мощность генераторов постоянного тока не превышает 45 Вт, а генераторов переменного тока достигает 143 Вт (генератор Г266).

Отсутствие коллектора в генераторах переменного тока позволяет повысить максимальную частоту вращения ротора до 12 тыс. мин⁻¹. Такая конструкция генератора позволяет улучшить заряд аккумуляторных батарей. Отсутствие реле обратного тока и ограничителя тока упрощает конструкцию.

Основными характеристиками генератора являются номинальное напряжение, номинальный и максимальный ток, номинальная и максимальная электрическая мощность.

Рассмотрим конструкцию и работу трехфазного синхронного генератора переменного тока с электромагнитным возбуждением. У синхронного генератора частота наводимой ЭДС пропорциональна частоте вращения ротора на подвижном составе ГЭТ. Генератор приводится во вращение вспомогательным двигателем. Для питания цепей управления троллейбусов и трамваев обычно выбирают генераторы с номинальным напряжением 24 В. Для выпрямления переменного тока в генератор вмонтирован выпрямительный мостик с кремниевыми полупроводниковыми диодами.

Генератор состоит из двух основных частей: статора и ротора.

Статор генератора (рис. 3.1) состоит из сердечника и обмоток. Сердечник статора, являющийся магнитопроводом, набран из пластин, изготовленных из электротехнической стали и для уменьшения нагрева вихревыми токами изолированных друг от друга лаком. По внутренней окружности сердечник статора имеет пазы, в которые уложена обмотка. Обмотка статора выполнена в виде отдельных катушек. Катушки распределены на три фазы и включены по схеме «звезда», иногда – по схеме «треугольник». В каждой фазе – по шесть последовательно соединенных катушек. Сердечник статора при помощи стяжных винтов закреплен между двумя алюминиевыми крышками генератора. Концы катушек фаз присоединены к

трем зажимам блока кремниевых диодов выпрямителя. Все диоды подключены к соединительным шинам и образуют выпрямительный мостик.

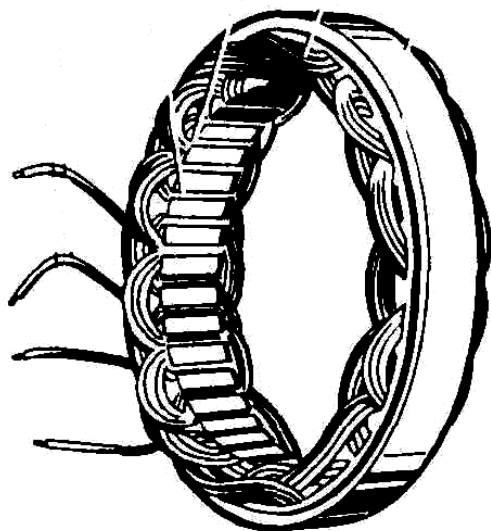


Рис. 3.1. Статор генератора

Ротор генератора (рис. 3.2) состоит из катушки возбуждения 2, намотанной на стальную втулку, к торцам которой примыкают два стальных шестиполусных наконечника 1 и 3, выполненных из мягкой стали. Наконечники одной половины ротора с северной магнитной полярностью входят между наконечниками второй половины ротора с южной магнитной полярностью. На рифленую поверхность вала ротора 5 через изоляционные втулки напрессованы контактные кольца 4, к которым припаяны выводы обмотки возбуждения. Контактные кольца изготавливают в основном из меди, но встречаются кольца из латуни или нержавеющей стали, что снижает их износ и окисление, особенно во влажной среде. Встречаются также кольца, расположенные по торцу вала. Ротор вращается в двух шариковых подшипниках, установленных в крышках корпуса генератора. Две графитовые щетки генератора установлены в щеткодержателе и пружинами прижимаются к контактным кольцам.

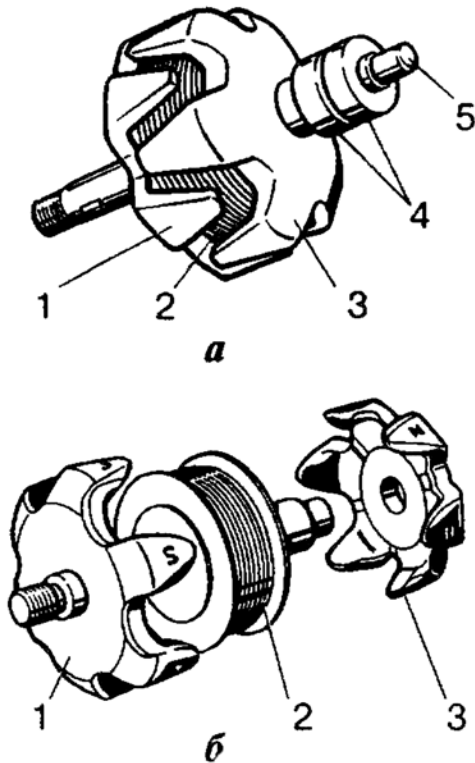


Рис. 3.2. Ротор генератора:
a – в сборе; *б* – в разобранном виде; 1, 3 – полюсные половины;
 2 – обмотка возбуждения; 4 – контактные кольца; 5 – вал

В генераторах Г221, Г250 и Г271 изолированная от корпуса щетка соединена проводником со штекерным зажимом Ш; другая щетка соединена с корпусом генератора. В генераторах Г272, Г266 и Г286 обе щетки изолированы от корпуса и соединены со штекерными зажимами Ш. По общей компоновке генераторы разделяются на конструкции, у которых щеточный узел размещен во внутренней полости генератора, и конструкции с размещением его снаружи под специальным пластмассовым кожухом. В последнем случае контактные кольца имеют меньший диаметр, что способствует повышению ресурса щеток.

В основе работы генератора лежит эффект электромагнитной индукции. Полюсные наконечники 3 и 4 (рис. 3.3) магнитной системы генератора и втулка 1 ротора обладают небольшим остаточным магнетизмом, обеспечивающим индуцирование ЭДС номинальной величины в обмотке 6 статора только при очень большой частоте вращения вала 9 ротора. В начале работы генератора, когда частота вращения ротора и напряжение генератора малы, обмотка возбуждения 2 генератора получает питание от аккумуляторной батареи. По мере увеличения напряжения генератора его обмотка возбуждения начинает питаться от генератора через выпрямительный мостик. Большая часть магнитного потока 7 ротора замыкается через зубцы сердечника 5 статора, а оставшаяся часть магнитного потока 8 рассеивается вне сердечника и не участвует в наведении ЭДС в обмотке статора.

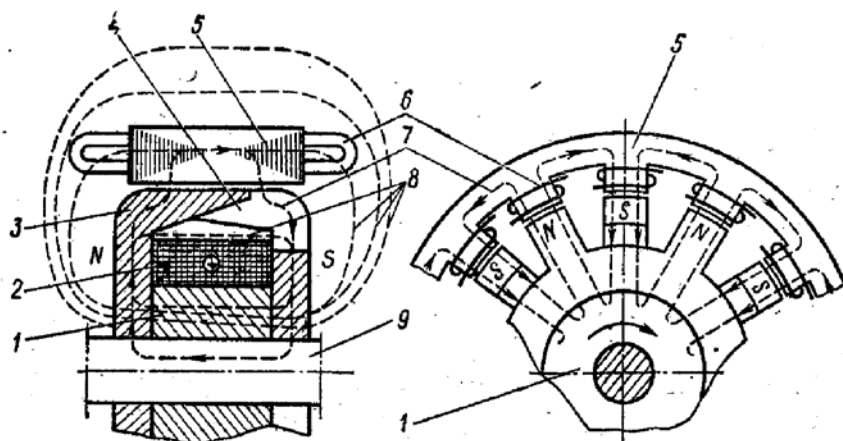


Рис. 3.3. Магнитная система генератора:

- 1 – втулка ротора; 2 – обмотка возбуждения; 3, 4 – полюсные наконечники (половины); 5 – сердечник статора; 6 – обмотка статора; 7, 8 – магнитный поток; 9 – вал ротора

При вращении ротора под каждым зубцом сердечника статора проходит то северный, то южный полюс ротора, в результате чего магнитный поток, проходящий через зубцы статора, изменяет свое направление и величину. Вследствие этого происходит пересечение катушек обмотки статора магнитными силовыми линиями и в них

индуцируется ЭДС переменного направления и переменной величины. Индуцируемая ЭДС создает трехфазный переменный ток, который при помощи кремниевых диодов выпрямляется в постоянный.

Величина ЭДС E_T , индуцируемой в катушках обмотки статора, возрастает при увеличении магнитного потока возбуждения Φ_B и частоты n_p вращения ротора:

$$E_T = C \cdot \Phi_B \cdot n_p,$$

где C – постоянный коэффициент для данного генератора.

При отключенной внешней цепи вследствие незначительной силы тока в обмотке статора падение напряжения в ней будет мало, поэтому напряжение генератора U_T можно считать равным величине его ЭДС E_T :

$$U_T = E_T = C \cdot \Phi_B \cdot n_p.$$

Напряжение генератора U_T при включенной внешней цепи будет меньше его ЭДС на величину падения напряжения в обмотке статора ($I \cdot R_{ст}$):

$$U_T = E_T - I \cdot R_{ст}.$$

Переменный трехфазный ток, вырабатываемый генератором, преобразуется в постоянный выпрямителем, собранным по трехфазной двухполупериодной схеме.

Обмотка статора как отечественных, так и зарубежных генераторов состоит из трех обмоток фаз, которые иногда называют просто фазами. Фазы могут соединяться в «звезду» или «треугольник». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Фазные напряжения действуют между выводами обмоток фаз, а токи протекают в этих обмотках, линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем. В этих проводах протекают линейные токи. Естественно, выпрямитель выпрямляет те величины, которые к нему подводятся, т. е. линейные. При соединении в «треугольник» фазные токи в $\sqrt{3}$ раз меньше линейных, в то время как у «звезды» линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором

токе ток в обмотках фаз при соединении в «треугольник» значительно меньше, чем у «звезды».

Поэтому в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в «треугольник», так как при меньших токах обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейное напряжение у «звезды» в $\sqrt{3}$ раз больше фазного, в то время как у «треугольника» они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора «треугольник» требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению со «звездой».

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

Выпрямитель для трехфазной системы содержит шесть силовых полупроводниковых диодов (рис. 3.4), три из которых, VD1, VD3, VD5, соединены с выводом «+» генератора, три, VD2, VD4, VD6, – с выводом «-» («массой»). Однако стремление повысить мощность генератора привело к увеличению числа диодов выпрямителя до восьми и применению дополнительного плеча выпрямителя на диодах VD7, VD8, показанного на рис. 3.4 пунктиром. Такая схема выпрямителя может иметь место только при соединении обмоток статора в «звезду», так как дополнительное плечо запитывается от «нулевой» точки «звезды».

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

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

По графику фазных напряжений (рис. 3.5) можно определить, какие диоды открыты, какие – закрыты в данный момент времени. Фазное напряжение $U_{\phi 1}$ действует в обмотке первой фазы, $U_{\phi 2}$ – второй, $U_{\phi 3}$ – третьей. Эти напряжения изменяются по кривым, близким к синусоиде, и в одни моменты времени они положительны, в другие – отрицательны.

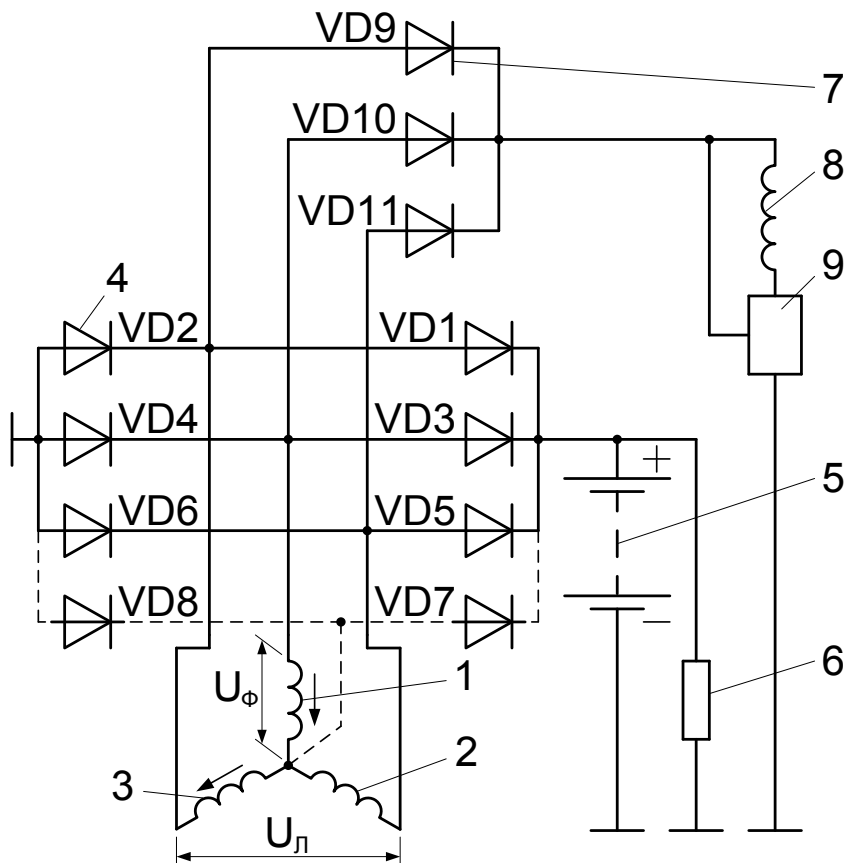


Рис. 3.4. Принципиальная схема генераторной установки:

U_ϕ , U_λ , U_d – соответственно фазное, линейное и выпрямительное напряжения;
 1, 2, 3 – обмотки трех фаз статора; 4 – диоды силового выпрямителя;
 5 – аккумуляторная батарея; 6 – нагрузка; 7 – диоды выпрямителя
 обмотки возбуждения; 8 – обмотка возбуждения;
 9 – регулятор напряжения

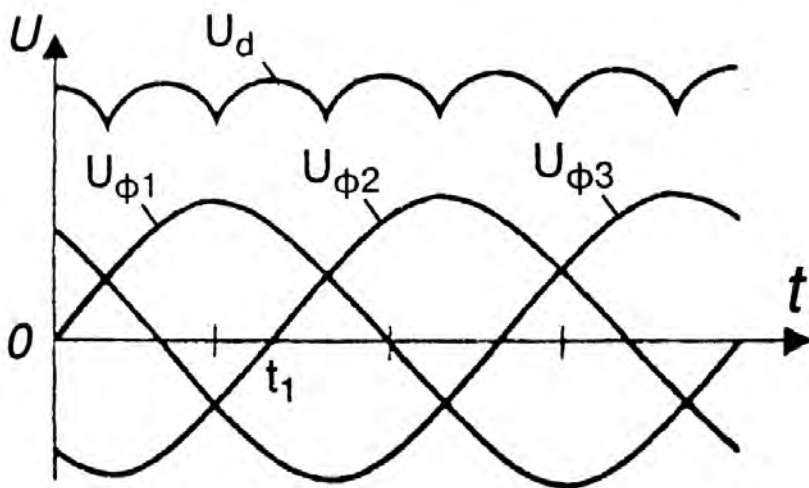


Рис. 3.5. График фазных напряжений:
 U_{ϕ} – фазное напряжение; U_d – выпрямительное напряжение

Если положительное направление напряжения в фазе принять по стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное – от нее, то, например, для момента времени t_1 , когда напряжение второй фазы отсутствует, первой фазы – положительно, а третьей – отрицательно, направление напряжений фаз соответствует стрелкам на рис. 3.4. Ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении этих стрелок. При этом открыты диоды VD1, VD4. Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление – от вывода «+» генераторной установки к ее выводу «-», т. е. в нагрузке протекает постоянный (выпрямленный) ток. Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят также шесть диодов, но три из них, VD2, VD4, VD6, – общие с силовым выпрямителем. Ток в обмотке возбуждения значительно меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов VD9–VD11 применяются малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на ток не более 2 А.

Плечо выпрямителя, содержащее диоды VD7, VD8, вступает в работу только в том случае, если фазные напряжения генератора отличаются от синусоиды, что и имеет место в реальных генераторах. Напряжение любой формы можно представить в виде суммы синусоид, которые называются гармоническими составляющими или гармониками: первой, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высших, главным образом третьей, частота которой в три раза выше, чем первой. Известно, что в линейном напряжении, т. е. в том напряжении, которое проводами подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе, т. е. одновременно достигают одинаковых значений и при этом взаимно уравниваются и взаимно уничтожают друг друга в линейном напряжении.

Таким образом, третья гармоника напряжения в фазном напряжении присутствует, а в линейном – нет. Следовательно, мощность, развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, не может быть использована потребителем. Чтобы потребители могли использовать эту мощность, добавлены диоды VD7 и VD8, подсоединенные к нулевой точке обмоток фаз, т. е. к точке, где сказывается действие фазного напряжения. Таким образом диоды VD7, VD8 выпрямляют только напряжение третьей гармоники фазного напряжения. Применение этих диодов увеличивает номинальную мощность генератора.

Как видно на рис. 3.5, выпрямленное напряжение носит пульсирующий характер. Применение дополнительного плеча на диодах VD7, VD8 усугубляет глубину пульсации. Однако наличие аккумуляторной батареи, которая является своеобразным фильтром, сглаживает напряжение в бортовой сети. При этом ток в самой батарее пульсирует.

Конструкция выпрямительного блока типа ВБГ показана на рис. 3.6. Блок состоит из трех секций 4, установленных на пластмассовом основании 1 и двух соединительных шин 2. Каждая секция блока состоит из алюминиевой отливки с ребрами (теплоотвода), в двух гнездах которой собраны p - n -переходы выпрямительных диодов. В одном гнезде p - n -переход имеет на корпусе p -зону, а в другом – n -зону. Противоположные зоны переходов имеют выводы 9, которые припаиваются к соединительным шинам 2. Минусовая шина выпрямительного блока соединена с корпусом генератора, а

плюсовая изолирована от корпуса и соединена с зажимом «+». Каждая секция имеет токоподводящий зажим 3, к которому подсоединяется один из концов фазовой обмотки статора.

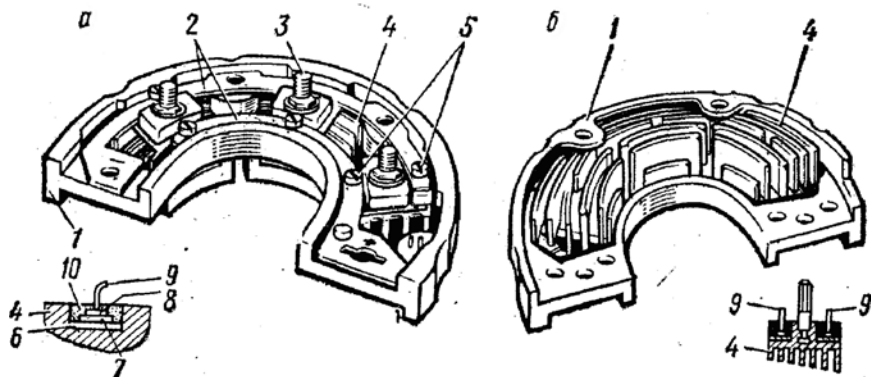


Рис. 3.6. Выпрямительный блок типа ВБГ:

- а* – вид со стороны соединительных шин; *б* – вид со стороны радиаторов;
 1 – пластмассовое основание; 2 – соединительные шины; 3 – токоподводящий зажим;
 4 – секция блока; 5 – места подсоединения диодов к соединительным шинам;
 6 – медное основание; 7 – полупроводниковый кристалл; 8 – диск выводной;
 9 – вывод; 10 – мастика; 11 – обмотка статора; 12 – обмотка возбуждения

Выпрямительный блок типа БПВ (рис. 3.7) генератора Г221 состоит из шести диодов ВА-20, которые запрессованы (по три штуки) в крышке 1 генератора и специальной пластине-теплоотводе (держателе) 2. Диоды выпускаются в двух исполнениях: с прямой и обратной полярностью. Для отличия диодов доньшко корпуса диода 8 прямой полярности окрашено в красный цвет, а доньшко диода 7 обратной полярности – в черный.

Генератор Г221 отличается от генератора Г250 и других в основном тем, что обмотка статора имеет нулевой вывод 85 (см. рис. 3.7), который подключается к реле контроля заряда. Цифра 67 является условным обозначением вывода обмотки возбуждения, а цифра 30 – вывод от выпрямителя.

По организации системы охлаждения (рис. 3.8) генераторы можно разделить на два типа: традиционной конструкции, с вентилятором на приводном шкиве, и компактной конструкции – с двумя вентиляторами у торцевых поверхностей полюсных половин ротора. В

первом случае охлаждающий воздух засасывается вентилятором через вентиляционные окна в крышке со стороны контактных колец, во втором – через вентиляционные окна обеих крышек. Компактную конструкцию отличает наличие вентиляционных отверстий на цилиндрических частях крышек и усиленное оребрение. Малый диаметр внутренних вентиляторов позволяет увеличить частоту вращения ротора генератора компактной конструкции, поэтому их называют высокоскоростными. Для машин, работающих в условиях высокой температуры воздуха в моторном отсеке или повышенной запыленности, применяют конструкцию с поступлением забортного воздуха через кожух с патрубком и воздуховод.

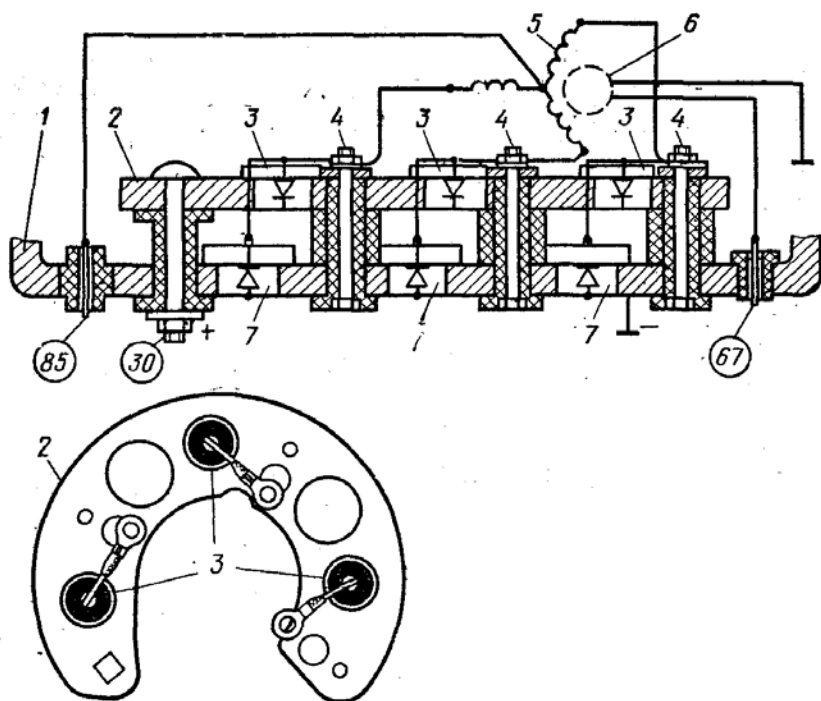


Рис. 3.7. Выпрямительный блок типа БПВ генератора Г221:

- 1 – крышка генератора; 2 – держатель диодов; 3 – диоды с прямой полярностью; 4 – зажимы; 5 – обмотка статора; 6 – обмотка возбуждения; 7 – диоды с обратной полярностью (выводы генератора обозначены цифрами в кружочках)

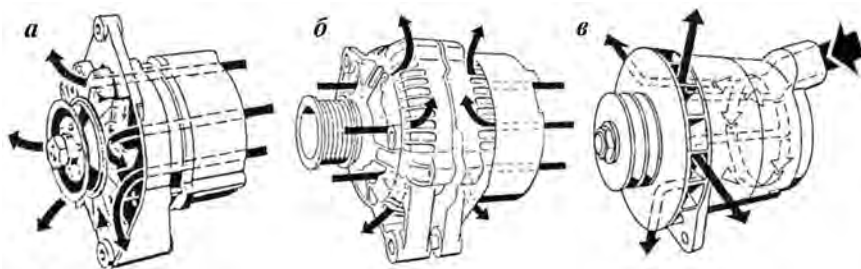


Рис. 3.6. Системы охлаждения генераторов (стрелками указано направление движения охлаждающего воздуха):
a – генераторы традиционной конструкции; *б* – генераторы компактной конструкции; *в* – конструкция генераторов для повышенной температуры подкапотного пространства

Большой проблемой у генераторов является магнитный шум. Для его уменьшения клювы полюсной системы имеют небольшие скосы по краям. Иногда применяют специальное немагнитное противозумовое кольцо, расположенное под острыми краями клювов и приваренное к ним. Кольцо не дает клювам приходить в колебание и излучать звук.

Ниже приведены конструкции генераторов переменного тока ведущих мировых производителей (рис. 3.9, 3.10).

В табл. 3.1 приведены технические характеристики генераторов, наиболее часто встречающихся на подвижном составе городского электротранспорта.

Таблица 3.1

Основные характеристики генераторов,
 применяемых на подвижном составе ГЭТ

Наименование параметра	Марка генератора			
	63.3701	443 113 518 331	Г-731	Г-263
Номинальное напряжение, В	28	28	26	28
Частота вращения при номинальной нагрузке, мин ⁻¹	2350	max 6000	3000	2100
Выпрямленный ток, А	150	60	52	150
Номинальная мощность, кВт	–	–	1,5	–

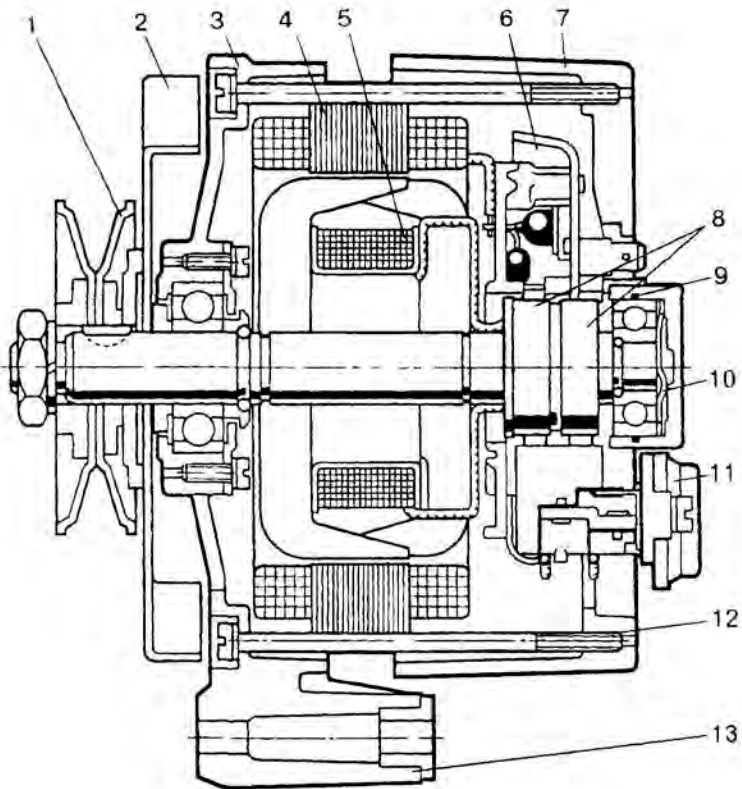


Рис. 3.9. Генератор K1 (N1) фирмы Bosch:

1 – шкив; 2 – вентилятор; 3, 7 – передняя и задняя крышка; закрытый шарикоподшипник, завальцованный в передней крышке; 4 – статор; 5 – обмотка возбуждения; 6 – выпрямительный блок; 8 – контактные кольца; 9 – резиновое кольцо; 10 – прижимная шайба; 11 – узел «щеткодержатель–регулятор напряжения»; 12 – стяжной винт; 13 – крепежная лапа

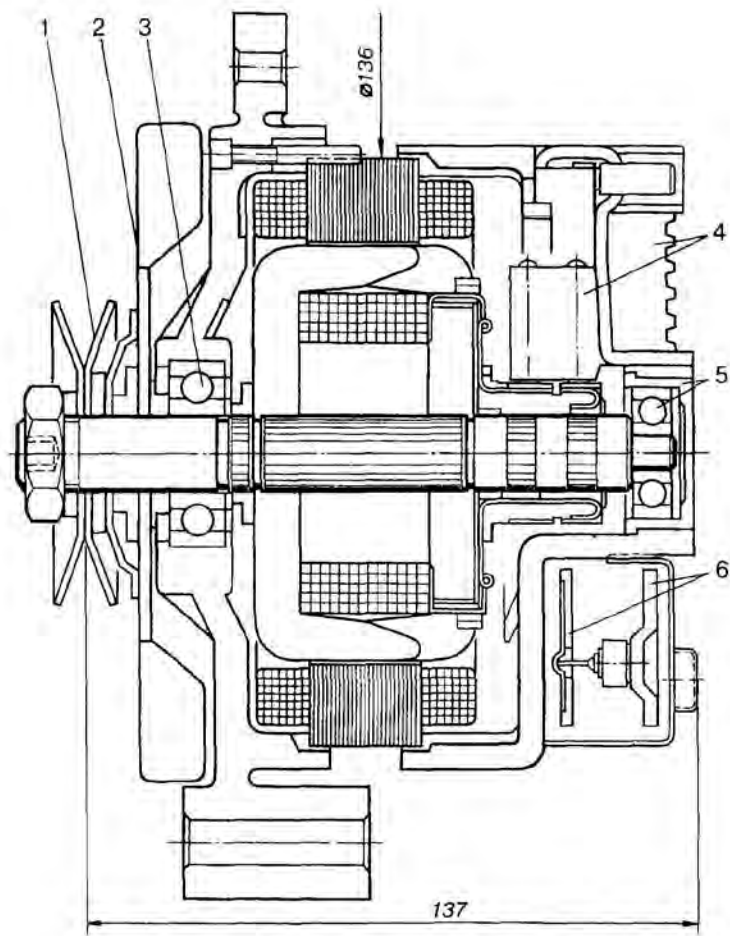


Рис. 3.10. Генератор A14N фирмы Valeo:

- 1 – шкив; 2 – вентилятор; 3 – закрытый шарикоподшипник, завальцованный в передней крышке; 4 – узел «щеткодержатель–регулятор напряжения»; 5 – закрытый шарикоподшипник в пластмассовом тормозном стакане; 6 – выпрямительный блок

Одним из слабых мест генератора являются щетки, которые необходимо периодически проверять и при необходимости заменять. Эта проблема решена на бесщеточных генераторах. Бесщеточные генераторы применяются там, где требуются повышенная надежность и долговечность, главным образом на магистральных тягачах, междугородных автобусах и т. п. Повышенная надежность этих генераторов обеспечивается тем, что у них отсутствует щеточно-контактный узел, подверженный износу и загрязнению, а обмотка возбуждения неподвижна. Недостатком генераторов этого типа являются увеличенные габариты и масса. Бесщеточные генераторы выполняются с максимальным использованием конструктивной преимущества со щеточными. Наиболее распространена конструкция бесщеточного генератора, представленная на рис. 3.11.

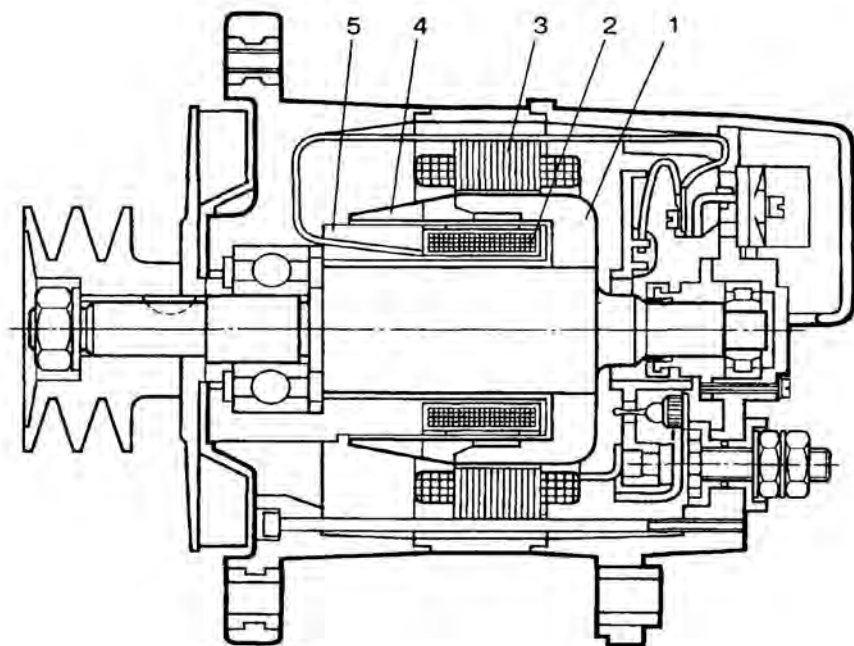


Рис. 3.11. Бесщеточный генератор фирмы Delco-Remy (США):
 1, 4 – клювообразные полюсные половины; 2 – обмотка возбуждения;
 3 – статор; 5 – магнитопровод обмотки возбуждения

Отличие этой конструкции состоит в том, что одна клювообразная полюсная половина посажена на вал, как у обычного щеточного генератора, а другая в урезанном виде по клювам приваривается к ней немагнитным материалом. Каркас обмотки возбуждения помещен на магнитопровод, закрепленный на крышке генератора. Между этим магнитопроводом и полюсной системой имеется воздушный зазор. При вращении вала сидящая на нем полюсная половина вместе с приваренной к ней другой полюсной половиной вращается при неподвижной обмотке возбуждения. В принципе работа этого генератора аналогична работе генератора щеточного исполнения.

Другим основным источником низкого напряжения на подвижном составе городского электротранспорта является статический преобразователь, предназначенный для питания электрооборудования напряжением 24 В и зарядки аккумуляторных батарей, основные характеристики и функциональная схема которого даны в табл. 3.2 и на рис. 3.12.

Таблица 3.2

Основные технические характеристики
статического преобразователя

Наименование параметра	Значение параметра
Входное напряжение, В	450–720
Род тока	Постоянный
Выходное напряжение, В	28,5 + 2,8
Выходной ток, А	200
Габариты, мм	764×427×588
Вес, кг	75

Напряжение контактной сети $U_{кк} = 550$ В снимается на статический преобразователь и подается на переключатель полярности ПП входного напряжения, который служит для адаптации полярности входного напряжения контактной сети к заданной полярности входного напряжения преобразователя. В качестве ПП может использоваться диодный мост (автоматический выбор необходимой полярности) или иной переключатель, в частности контакторный. В дальнейшем напряжение поступает на блок защиты и автоматического повторного включения преобразователя (БЗ и АПВ), служа-

ший для защиты элементов статического преобразователя в аварийных режимах, и силовой фильтр (Ф), который необходим для сглаживания пульсаций тока и напряжения и уменьшения влияния работающего преобразователя на контактную сеть. Инвертор напряжения И предназначен для преобразования входного напряжения постоянного тока, поступающего от фильтра, в регулируемое по амплитуде напряжение переменного тока. Регулирование напряжения осуществляется за счет изменения ширины импульсов входного напряжения инвертора. Инвертор связан с трансформатором Тр, который обеспечивает преобразование входного (высоковольтного) переменного тока в выходной (низковольтный) переменный ток. В трансформаторе также происходит сглаживание входного и выходного напряжения. В дальнейшем выпрямитель В преобразует переменный ток низкого напряжения в постоянный ток для питания потребителей бортовой сети троллейбуса и зарядки аккумуляторных батарей (АКБ).

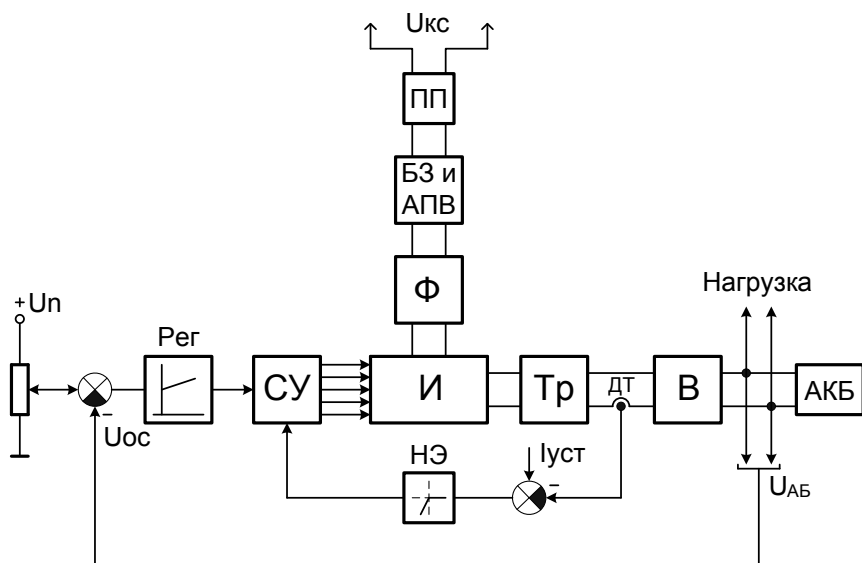


Рис. 3.2. Функциональная схема статического преобразователя 600 В/27 В постоянного тока для питания бортовой сети троллейбуса

Статический преобразователь также содержит:

– узел задания (УЗ) величины выходного напряжения преобразователя с возможностью регулирования напряжения в пределах от 22 до 28,5 В;

– регулятор напряжения (Рег) на выходе преобразователя, обеспечивающий регулирование напряжения по отклонению (система регулирования принята астатической (пропорционально-интегральный регулятор напряжения) для исключения статической ошибки регулирования выходного напряжения);

– систему управления инвертором (СУ), обеспечивающую отсечку по току (регулируется от 80 до 150 А).

При достижении выходным током преобразователя установленной величины отсечки (установка токоограничения) происходит автоматическое снижение выходного напряжения преобразователя.

Включение статического преобразователя осуществляется клавишей на пульте управления в кабине водителя.

В троллейбусе АКСМ 333 в качестве основного источника тока низкого напряжения применяются пять соединенных между собой статических преобразователей напряжения ПН1-550/28 В. Такой преобразователь помещается в герметичном корпусе, одна из стенок которого для его достаточного охлаждения выполнена ребристой. Для обеспечения электробезопасности статический преобразователь имеет повышенный класс изоляции токоведущих цепей относительно корпуса и повышенный класс изоляции в узлах разделения потенциалов контактной и бортовой сети. Характеристики преобразователя приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Технические характеристики статического преобразователя напряжения ПН1-550/28 В

Наименование параметра	Значение параметра
Входное напряжение, В:	
– номинальное значение	550
– длительно допустимый диапазон	400–720
Потребляемый ток, А, не более:	
– в длительном режиме	3,0
– в форсированном режиме	4,8

Наименование параметра	Значение параметра
Выходное напряжение, В: – номинальное значение – диапазон регулирования	27,5 22–30
Пульсации выходного напряжения, %, не более	5
Изменение выходного напряжения, %: – при изменении входного от 500 до 720 В – при изменении входного от 400 до 500 В	±1 от +1 до –15
Выходной ток, А: – длительно допустимый (номинальный) – кратковременный (в форсированном режиме) – короткого замыкания	50 80 85
Коэффициент полезного действия в номинальном режиме, %, не менее	87
Масса, кг, не более	22
Габаритные размеры, мм, не более	318×514×199

Статический преобразователь ПН1-550/28 В имеет автоматические защиты и выключается:

- при снижении напряжения на выходе ниже $16 \pm 0,5$ В;
- увеличении напряжения на выходе выше $30 \pm 0,5$ В;
- снижении напряжения питания на входе ниже 260 ± 30 В;
- увеличении напряжения питания на входе более 840 ± 30 В;
- нагреве корпуса выше 75 °С.

При исключении вышеупомянутых условий преобразователь включается автоматически, обеспечивая свои технические характеристики.

Преобразователь напряжения имеет индикатор «НОРМА», сигнализирующий о работе статического преобразователя, который загорается при подаче на вход преобразователя напряжения от 400 до 720 В, на выход – от 17 до 30 В (от АБ). При отключении или неисправности статического преобразователя индикатор гаснет.

В статическом преобразователе напряжения ПН1-550/28 В не предусмотрена защита от неправильного подключения аккумуляторной батареи, перед его подключением обязательно проверить полярность. Запрещается эксплуатация преобразователя без подключения в цепи «+550 В» внешнего резистора R ($12 \text{ Ом} \pm 20 \%$, 200 Вт).

В троллейбусе АКСМ 333 для электропитания двигателей привода вентиляторов обдува тягового двигателя, тормозных реостатов, тягового привода и двигателя привода компрессора применены два статических трехфазных преобразователя ПТ1-550/380 В, технические характеристики которых даны в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Технические характеристики статического преобразователя напряжения ПТ1-550/380 В

Наименование параметра	Значение параметра
Входное напряжение, В:	
– номинальное значение	550
– длительно допустимый диапазон	400–720
Потребляемый ток, А, не более:	
– в длительном режиме	10
– в режиме токоограничения	20
Выходное напряжение (номинальное), В	380
Изменение выходного напряжения, %:	
– при изменении входного от 500 до 720 В	±10
– при изменении входного от 400 до 500 В	От +10 до –20
Частота тока на выходе, Гц	50 ± 2,5
Номинальная выходная мощность, кВт	3,5
Коэффициент полезного действия в номинальном режиме, %, не менее	90
Масса, кг, не более	29
Габаритные размеры, мм, не более	318×514×199

Преобразователь ПТ1-550/380 В имеет автоматические защиты и выключается:

- при снижении напряжения питания на входе ниже 360 ± 3 В;
- увеличении напряжения питания на входе выше 840 ± 31 В;
- перегрузке или коротком замыкании на выходе в течение времени более 4 с;
- нагреве корпуса выше 70 °С.

При исключении вышеупомянутых условий преобразователь включается автоматически, обеспечивая свои технические характеристики. Преобразователь не требует соблюдения полярности напряжения питания.

Эксплуатация статического преобразователя без подключения в цепи «+550 В» внешнего резистора R ($2 \text{ Ом} \pm 20 \%$, 200 Вт) запрещается.

Ниже приведены основные характеристики импульсного преобразователя DPU 402, выпускаемого фирмой Kiere Elektrik (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Технические характеристики
импульсного преобразователя DPU 402

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение на входе	600/750 В +20 %, –30 %
Продолжительная выходная мощность	220 кВт
Максимальная выходная мощность	750 кВт на $t < 30$ с
Питающее напряжение системы управления	24 В +25 %, –30 %
Напряжение контроля изоляции (первичная изоляция)	3,875 кВ, 50 имп/мин (рабочая изоляция)
Напряжение контроля изоляции (вторичная изоляция)	2,5 кВ, 50 имп/мин
Охлаждение	Принудительное, воздушное
Вес оборудования Kiere DGT 101	370 кг
Вес преобразователя Kiere DPU 402	170 кг
Размеры	1100×420×455

Внешний вид импульсного преобразователя DPU 402 представлен на рис. 3.13.

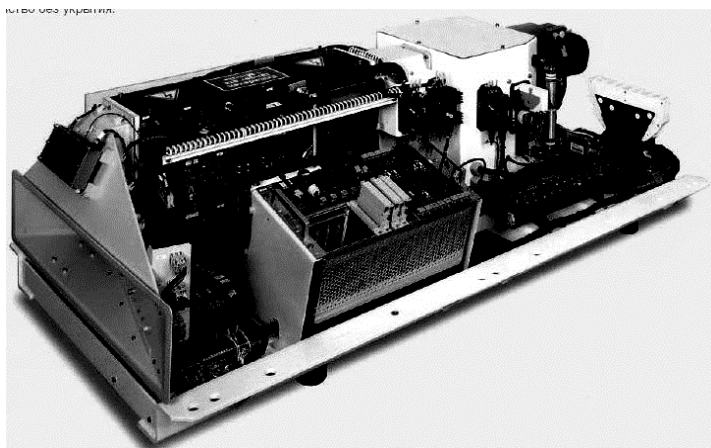


Рис. 3.13. Импульсный преобразователь DPU 402

Порядок выполнения работы

1. По плакатам и натурным узлам изучить устройство и работу источников низкого напряжения.
2. Заэскизировать генератор переменного тока и вычертить функциональную схему статического преобразователя.
3. Ознакомиться с основными характеристиками различных моделей генераторов переменного тока и статических преобразователей.

Содержание отчета

1. Эскиз генератора переменного тока и функциональная схема статического преобразователя.
2. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Устройство и работа генераторов.
2. Преимущества генераторов переменного тока по сравнению с генераторами постоянного тока.
3. Основные характеристики генераторов.
4. Назначение и устройство полупроводниковых выпрямителей.
5. Техническое обслуживание генераторов.
6. Основные неисправности генераторов и способы их устранения.
7. Устройство и работа статического преобразователя.
8. Основные характеристики статического преобразователя.

Лабораторная работа № 4

РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы: изучение назначения, классификации и работы регуляторов напряжения.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству и работе регуляторов напряжения, натурные регуляторы напряжения.

Общие сведения

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 генератора.

Отклонение от расчетной величины напряжения не должно превышать 3 %. Установлено, что при повышении напряжения генератора на 10–12 % выше расчетного срок службы аккумуляторной батареи и автомобильных ламп сокращается в 2–2,5 раза.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу (рис. 4.1). 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.

Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент вос-

принимает напряжение генератора $2 U_d$ и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе сравнения сравнивается с эталонным значением $U_{эт}$.

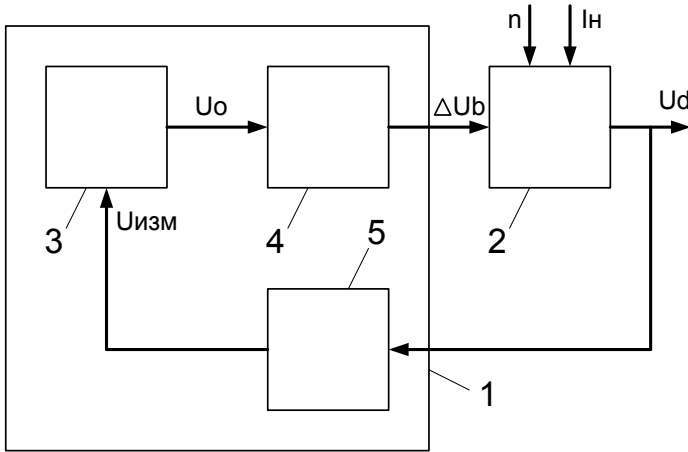


Рис. 4.1. Блок-схема регулятора напряжения:
 1 – регулятор; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения;
 4 – регулирующий элемент; 5 – измерительный элемент

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 низковольтной сети, где необходима его стабилизация, например, от аккумуляторной батареи, а также подсоединена обмотка возбуждения генератора. Если функции регулятора расширены, то и число подсоединений его в схему растет.

Обычно применяют регуляторы напряжения дискретного действия. Как только напряжение генератора превышает заданное значение, регулятор напряжения «разрывает» цепь электроснабжения обмотки возбуждения и создает в ней дополнительное сопротивление. В результате сила тока возбуждения и напряжение генератора

начинают уменьшаться. При заданном нижнем уровне напряжения регулятор вновь замыкает цепь питания обмотки возбуждения, и напряжение генератора повышается. Далее процессы переключения периодически повторяются.

Частота регулируемого напряжения должна быть выше 25–30 Гц, чтобы пульсации напряжения не вызывали заметных для глаз колебаний стрелок контрольно-измерительных приборов, приборов освещения и световой сигнализации. При заметном пульсировании силы тока возбуждения и напряжения генератора их средние значения I_B и U_H для заданных частоты вращения ротора и силы тока нагрузки остаются неизменными.

С увеличением частоты вращения ротора генератора ($n_2 > n_1$) относительное время включения цепи обмотки возбуждения t_1 в течение периода t_n уменьшается, а время t_2 отключения обмотки возбуждения от источника электроэнергии увеличивается, поэтому среднее значение силы тока I_B возбуждения, при котором стабилизируется напряжение, будет меньше ($I_{B2} < I_{B1}$). С увеличением силы тока нагрузки генератора относительное время разомкнутого состояния цепи электроснабжения обмотки возбуждения уменьшается. Включение и отключение обмоток возбуждения в электронных регуляторах обычно осуществляется с помощью выходного транзистора, соединенного последовательно с обмоткой возбуждения.

На механических транспортных средствах обычно применяются регуляторы напряжения следующих типов:

- вибрационные регуляторы напряжения;
- контактно-транзисторные регуляторы напряжения;
- бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения;
- интегральные регуляторы напряжения;
- тиристорные регуляторы напряжения.

Рассмотрим схему (рис. 4.2) и работу вибрационного регулятора напряжения РР380. В вибрационном регуляторе I напряжения эталонной величиной является сила натяжения пружины 5, отжимающей якорь 4 реле от его сердечника 6. Измерительный элемент регулятора – обмотка на сердечнике магнитопровода. Она воспринимает напряжение генератора. У регулятора РР380 имеются две пары контактов (размыкающие 2 и замыкающие 3), с помощью которых осуществляется двухступенчатое регулирование.

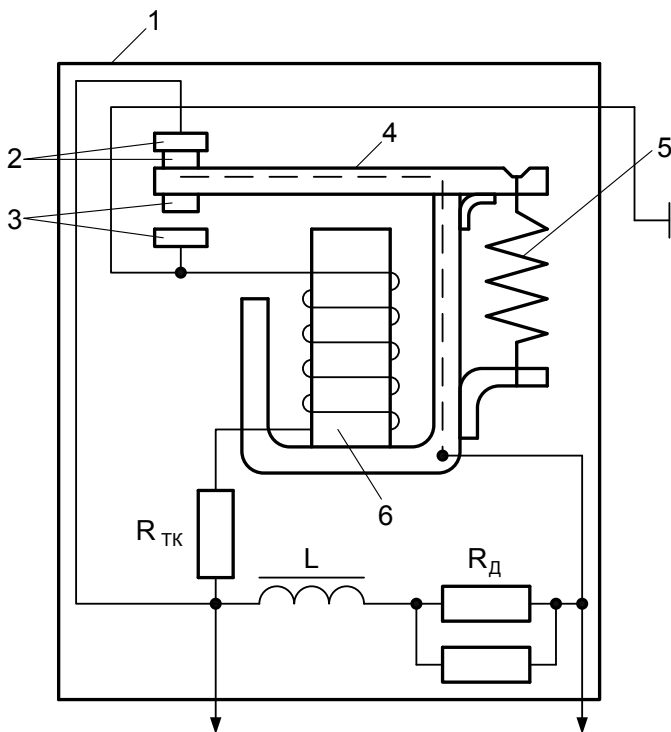


Рис. 4.2. Схема вибрационного регулятора напряжения PP380:
 1 – регулятор напряжения; 2 – размыкающие контакты; 3 – замыкающие контакты;
 4 – якорь; 5 – пружина; 6 – сердечник электромагнита

При напряжении генератора ниже регулируемой величины пружина 5 удерживает якорь 4 регулятора в исходном положении. Контакты 2 при этом замкнуты и шунтируют добавочный резистор R_D . Сила тока в обмотке возбуждения растет, напряжение генератора – повышается. Контакты 2 размыкаются, когда сила притяжения якоря 4 к сердечнику 6 превысит препятствующую этому силу натяжения пружины 5. При размыкании контактов 2 в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор R_D , сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. Далее процесс повторяется.

Сопротивление резистора R_D для двухступенчатых регуляторов выбирают небольшим (в регуляторе PP380 $R_D = 5,5$ Ом), что способ-

ствует облегчению условий работы и продлению срока службы контактов. Но при этом предел регулирования напряжения по частоте вращения генератора на первой ступени становится недостаточным. Начиная с определенной частоты вращения ротора, напряжение на выводах генератора возрастает настолько, что под действием силы притяжения якоря 4 к сердечнику 6 замыкаются контакты 3. Обмотка возбуждения замыкается на массу. Сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются, пружина 5 размыкает контакты 3, и обмотка возбуждения вновь оказывается включенной в цепь питания, что приводит к повышению напряжения генератора.

Резистор $R_{тк}$, включенный последовательно в цепь обмотки электромагнитного регулятора, осуществляет его температурную компенсацию, т. е. снижает зависимость регулируемого напряжения от температуры. Резистор $R_{тк}$ изготовлен из провода, сопротивление которого мало изменяется с изменением температуры. Работу контактов облегчает катушка индуктивности L .

Для контактов вибрационного регулятора характерно искрение, которое оказывает на них разрушающее воздействие. Настройку регулятора на нужное напряжение осуществляют изменением силы натяжения пружины 5 при ее растяжении или сжатии, для чего отгибают или загибают выступ, поддерживающий пружину.

Рассмотрим схему (рис. 4.3) и работу контактно-транзисторного реле-регулятора РР-363. Этот регулятор автоматически поддерживает напряжение генератора в пределах 26,5–28 В и осуществляет автоматическую защиту основного регулирующего аппарата – транзистора – при коротком замыкании зажима Ш на корпус.

Реле-регулятор имеет два блока – релейный и транзисторный. Релейный блок состоит из двух электромагнитных реле – реле-регулятора напряжения РН и реле защиты РЗ. Транзисторный блок состоит из транзистора Т, диода обратной связи Д2 и гасящего диода Д1. Катушка регулятора напряжения РН включена параллельно генератору через добавочные резисторы R2 и R3 (между зажимами В3 и «-»). Размыкающий контакт регулятора напряжения РН включен в цепь реле защиты, а замыкающий контакт – в цепь базы транзистора Т. Катушка реле защиты РЗ включена в цепь коллектора транзистора между размыкающими контактами РН и зажимом реле-регулятора Ш. Реле защиты имеет один замыкающий контакт РЗ в цепи базы транзистора.

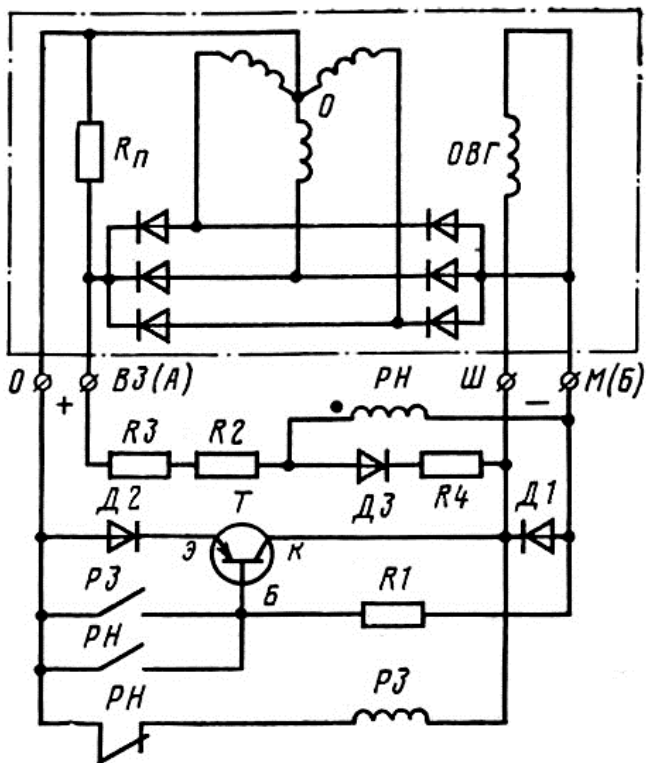


Рис. 4.3. Схема включения генератора Г-263А и реле-регулятора РР-363

При напряжении меньше 28 В к базе транзистора Т приложен отрицательный потенциал по отношению к эмиттеру (отрицательный зажим М, резистор R1, база транзистора), транзистор Т открыт, и через него идет ток в обмотку возбуждения генератора по цепи: зажим ВЗ, резистор подпитки R_п, зажим 0, диод Д2, переход Э-К транзистора, зажим Ш, обмотка возбуждения генератора ОВГ, зажим М.

При достижении напряжения в 28 В магнитный поток катушки РН увеличивается и, преодолев натяжение пружины, притягивает якорь. Контакты РН в цепи транзистора замыкаются, а в цепи катушки реле защиты – размыкаются. На базе транзистора появляется положительный потенциал по отношению к эмиттеру. Транзистор Т закрывается и отключает обмотку возбуждения генератора ОВГ. При этом возбуждение генератора уменьшается и под действием

пружины якорь отходит от сердечника, вновь замыкая контакты РН в цепи катушки реле защиты РЗ и размыкая контакты РН в цепи базы транзистора. Процесс повторяется.

Ускоряющая цепочка ДЗ–Р4 увеличивает частоту замыканий и размыканий контактов РН. Частота должна быть не ниже 20–30 периодов в секунду, и тогда на зажимах генератора устанавливается среднее регулируемое напряжение.

Диод Д2 служит для создания положительного смещения на базе транзистора в момент его запираения. Через диод Д1 замыкается ЭДС самоиндукции обмотки возбуждения генератора в момент запираения транзистора. Катушка реле защиты РЗ в нормальных условиях шунтируется цепью диод Д2 – транзистор Т. При коротком замыкании зажима Ш на корпус ток в обмотке возбуждения генератора резко падает и напряжение на выходе генератора уменьшается, поэтому контакты РН в цепи катушки реле защиты РЗ будут закрыты. В этом случае к катушке РЗ прикладывается напряжение от генератора и аккумуляторной батареи через делитель $R_{\text{н}}$. Реле защиты срабатывает: замыкается контакт РЗ и запирает транзистор Т, что предохраняет его от выхода из строя.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины обычно играет 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 при этом остается 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 тоже может подводиться через входной делитель, а эталонная величина – это сила натяжения пружины, противодействующей силе притяжения электромагнита. Коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляют контакты реле или, в контактно-транзисторном регуляторе, полупроводниковая схема, управляемая этими контактами. Такие регуляторы напряжения

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.

Таблица 4.1

Технические характеристики регулятора напряжения РР-363

Наименование параметра	Значение
Регулируемое напряжение при температуре окружающей среды 25 ± 10 °С, частоте вращения ротора 3500 ± 150 мин ⁻¹ и токе нагрузки 60 А	26,5–28,0 В
Данные обмотки регулятора напряжения: – число витков – марка провода – сопротивление при температуре 20 °С	1760 ПЭТВ-023 36 Ом
Данные обмотки реле защиты: – число витков – марка провода – сопротивление при температуре 20 °С	1224 ПЭТВ-0,27 17,1 Ом
Сопротивление резистора R ₁	41 Ом
Сопротивление резистора R ₄	1 Ом
Сопротивление резистора термокомпенсации (R ₂ , R ₃)	35 Ом

Рассмотрим принцип работы электронного транзисторного регулятора напряжения на примере простейшей схемы (рис. 4.4), близкой к регулятору EE14V3 фирмы BOSCH.

Регулятор 2 работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. 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 тоже открывается. При этом обмотка возбуждения генератора через переход эмиттер–коллектор VT3 оказывается подключенной к цепи

питания. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой Дарлингтона. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор выполняется в одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1.

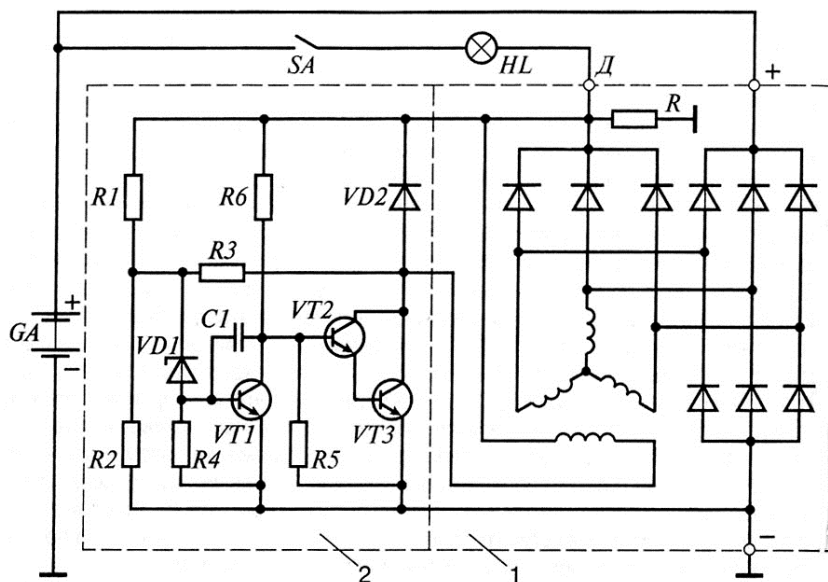


Рис. 4.4. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:
1 – генератор; 2 – регулятор

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

ставной 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. При этом ток в обмотке возбуждения изменяется так, как показано на рис. 4.5. Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, время включения обмотки уменьшается, если частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла – увеличивается.

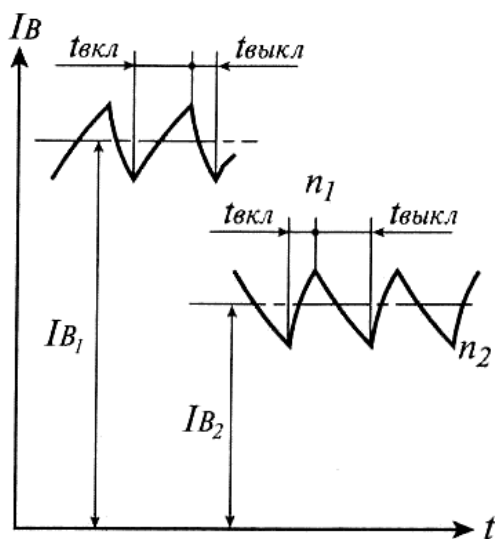


Рис. 4.5. Изменение силы тока в обмотке возбуждения I_B по времени t :
 $t_{вкл}$ и $t_{выкл}$ – соответственно время включения и выключения обмотки возбуждения генератора; n_1 и n_2 – частоты вращения ротора генератора, причем n_2 больше n_1 ;
 I_{B1} и I_{B2} – среднее значение тока в обмотке возбуждения

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. Диод VD2 называется гасящим.

Сопrotивление 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 VD1 резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора и повышает частоту данного переключения. Это повышает качество напряжения генераторной установки.

Конденсатор C1 является своеобразным фильтром, защищающим регулятор от влияния импульсов напряжения на его входе.

Лампа контроля работоспособности генератора HL при неработающем двигателе привода генератора и замкнутом ключе SA горит, пропуская ток от аккумулятора и создавая тем самым первоначальное возбуждение генератора. После пуска двигателя привода генератора на выходах генератора Д и «+» появляется практически одинаковое напряжение и лампа гаснет. Если генератор не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть.

Интегральные регуляторы напряжения рассчитаны на силу тока 3,3 и 5 А. Схемы регуляторов достаточно просты, поэтому они имеют небольшие размеры. Кроме того, они максимально унифицированы для напряжения 14 и 28 В. Малогабаритные интегральные регуляторы напряжения встраиваются в генератор, поэтому в их схемах отсутствуют элементы защиты полупроводниковых элементов.

Тиристорные регуляторы напряжения применяются достаточно редко ввиду сложных условий для возбуждения генератора. Управляют тиристором в таких регуляторах напряжения путем регулирования угла включения (с естественной коммутацией) или относительной длительности включения (с искусственной коммутацией).

Порядок выполнения работы

1. По плакатам и натурным генераторам изучить устройство и работу регуляторов напряжения.
2. Вычертить схемы контактно-транзисторного и электронного регуляторов напряжения.
3. Ознакомиться с техническими характеристиками регулятора напряжения РР-363.

Содержание отчета

1. Схемы контактно-транзисторного и электронного регуляторов напряжения.
2. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация регуляторов напряжения.
2. Устройство и принцип работы вибрационного регулятора напряжения.
3. Устройство и принцип работы контактно-транзисторного регулятора напряжения.
4. Устройство и принцип работы электронного регулятора напряжения.
5. Основные характеристики регуляторов напряжения.
6. Возможные неисправности и обслуживание регуляторов напряжения.

Лабораторная работа № 5

СПИДОМЕТРЫ. СТЕКЛООЧИСТИТЕЛИ. СТЕКЛООМЫВАТЕЛИ

Цель работы: изучение назначения, устройства, классификации и работы спидометров, стеклоочистителей и стеклоомывателей.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству и работе спидометров, стеклоочистителей и стеклоомывателей, натурные спидометры и приводы стеклоочистителей, натурные мотор-редукторы и мотор-насосы, набор инструмента.

Общие сведения

Спидометры предназначены для информирования водителя о скорости движения машины и пройденном пути. Соответственно спидометр состоит из двух узлов – скоростного (собственно спидометра) и счетного узла (одометра), указывающего пробег машины.

Привод спидометра (рис. 5.1) осуществляется гибким валом, если длина приводного троса не превышает 3,55 м, или с помощью электрического синхронного привода. Скоростной узел спидометра, преобразующий частоту вращения входного вала в перемещение стрелки, принципиально устроен одинаково у всех типов спидометра.

Основу спидометра составляют постоянный магнит, закрепленный на входном валу, и катушка, охватывающая магнит и выполненная из электропроводящего материала, чаще всего – алюминия, соединенная со стрелкой. При вращении магнита его силовые линии пересекают тело катушки, в которой наводятся токи. При этом вихревые токи тем больше, чем больше скорость вращения магнита. Сила взаимодействия магнитного потока магнита и вихревых токов увлекает катушку в сторону вращения магнита совершенно так же, как это происходит с ротором асинхронного двигателя. Однако катушка может только поворачиваться, так как ее вращению препятствует упругая пружина, уравнивающая действие магнитных сил. Угол поворота катушки и связанной с ней стрелки зависит от величины магнитного потока магнита, материала катушки, упругих свойств пружины и частоты вращения приводного вала спидометра, пропорциональной скорости движения автомобиля. Поскольку все

эти параметры, кроме скорости автомобиля, являются конструктивными и неизменными, то стрелка прибора и указывает ее по шкале. Магнитный экран, охватывающий катушку снаружи, служит своеобразным магнитопроводом и усиливает магнитный поток в зоне расположения катушки. Температурная погрешность спидометра компенсируется с помощью магнитного термощунта, прижатого к магниту. С ростом температуры сопротивление катушки возрастает, но одновременно снижается магнитная проницаемость термощунта, часть магнитного потока, замыкающегося через него, уменьшается и магнитный поток, пронизывающий катушку, возрастает.

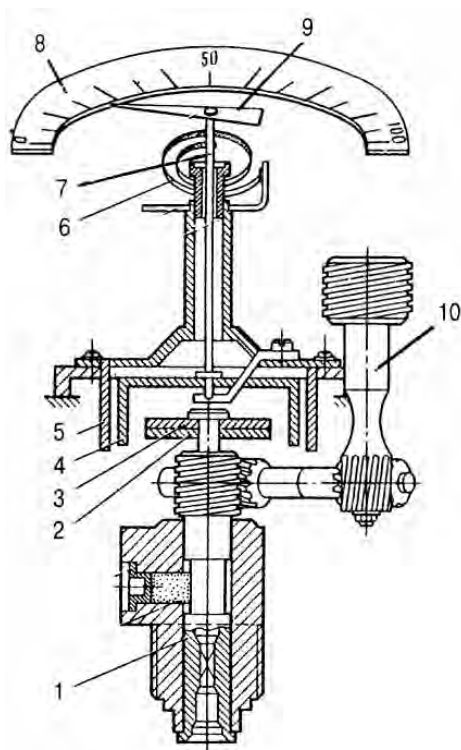


Рис. 5.1. Устройство спидометра:

- 1 – приводной вал; 2 – постоянный магнит; 3 – термомагнитный шунт;
 4 – катушка; 5 – экран-магнитопровод; 6 – пружина; 7 – вал стрелки; 8 – шкала;
 9 – стрелка; 10 – привод счетчика пройденного пути

Регулировка спидометра осуществляется в заводских условиях при его изготовлении изменением натяжения пружины и частичным размагничиванием магнита. Относительная погрешность спидометра при нормальных условиях не превышает 5 %, нагрев на каждые 10 °С увеличивает или уменьшает погрешность на 2 %.

Счетный узел спидометра приводится во вращение от входного вала через червячную передачу, промежуточный вал и его червячные передачи. Счетный узел состоит из набора цилиндрических барабанчиков, свободно установленных на общей оси, на их цилиндрической поверхности нанесены цифры от 0 до 9. По виду зацепления счетных барабанчиков между собой счетные узлы бывают с внешним и с внутренним зацеплением. Последнее зацепление преобладает. Первый барабанчик жестко соединен с промежуточным валом и всегда вращается при движении машины.

В настоящее время широко распространены спидометры с электрическим приводом. Ниже показаны принципиальные схемы такого привода.

Электрический привод спидометра троллейбуса (рис. 5.2) работает следующим образом. Инвертор установлен в ступице переднего колеса, и его кольца вращаются со скоростью пропорциональной скорости движения троллейбуса. Постоянный ток напряжением 24 В, подводимый к инвертору, преобразуется в переменный трехфазный электрический ток. Синхронный электродвигатель вращает входной вал спидометра со скоростью пропорциональной скорости движения машины.

На рис. 5.3 приведена конструкция спидометра с электрическим приводом. Приводной вал спидометра вращается электродвигателем, получающим питание от датчика, выполненного в виде синхронного генератора, возбуждаемого постоянным магнитом. Соединение между датчиком и электродвигателем может происходить через электронный усилитель, как показано на рисунке.

В настоящее время широкое применение находят электронные спидометры с электронным приводом, которые получают сигнал от датчика Холла, расположенного в трансмиссии или в колесе. Электронная схема преобразует сигналы в напряжение, пропорциональное скорости движения автомобиля. В соответствии с международными стандартами датчик вырабатывает 6 тысяч импульсов за 1 км пути.

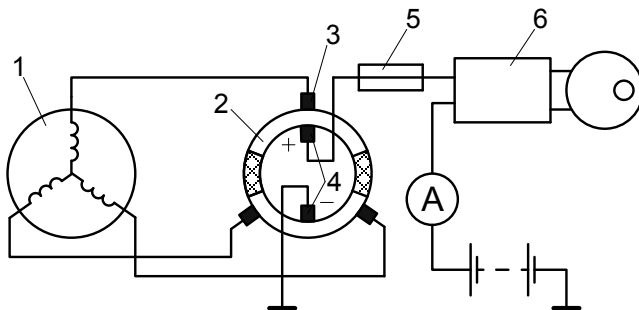


Рис. 5.2. Принципиальная схема электрического привода спидометра:
 1 – электродвигатель указателя; 2 – контактные кольца синхронного инвертора;
 3 – щетки снимающие переменный трехфазный ток; 4 – питающие щетки;
 5 – плавкий предохранитель; 6 – замок зажигания

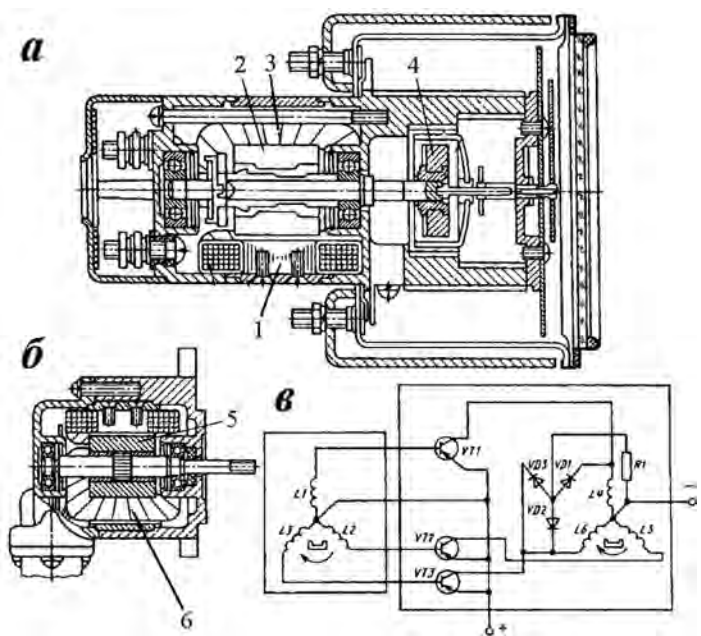


Рис. 5.3. Спидометр с электрическим приводом:
 а – указатель; б – датчик; в – электрическая схема; 1 – электродвигатель указателя;
 2 – ротор электродвигателя; 3 – статор электродвигателя; 4 – счетный узел указателя;
 5 – ротор датчика; 6 – трехфазная обмотка датчика

Системы стекло- и фароочистки предназначены для очистки ветрового и заднего стекол, а также стекол фар и блок-фар от осадков окружающей среды (капель дождя, снега), пыли и грязи с целью повышения безопасности движения транспортного средства. Очистка стекол осуществляется электромеханическими стеклоочистителями и стеклоомывателями. Иногда применяются стеклоочистители с пневматическим приводом или в качестве стеклоочистителей применяют сжатый воздух под большим давлением.

Стеклоочистители могут использоваться как самостоятельные устройства, так и в сочетании со стеклоомывателями. Стекло- и фароочистители должны обеспечивать надежную работу в диапазоне температур от -30 до 80 °С, обладать коррозионной стойкостью к воздействию кислот, щелочей и солей, иметь достаточный срок службы.

Для стеклоочистителей ветрового стекла необходимо предусмотреть не менее двух скоростных режимов работы (20–45 двойных ходов щеток за 1 мин на первом режиме и не менее 50 двойных ходов за 1 мин на втором режиме), а также прерывистый режим работы. При включении стеклоомывателя обязательно должен включаться стеклоочиститель. После выключения стеклоомывателя щетки стеклоочистителя должны сделать два-три двойных хода. После выключения стеклоочистителя его щетки должны останавливаться на границе зоны очистки стекла в положении парковки (в нерабочем положении), что обеспечивается концевыми выключателями.

Щетки очистителей ветровых стекол могут перемещаться параллельно с одинаковыми и разными углами поворота или навстречу друг другу. Используются также стеклоочистители с одной щеткой. Количество щеток и кинематика их перемещения определяют зоны очистки ветрового стекла (рис. 5.4).

Для очистки фар и блок-фар применяются две системы: электромеханический стеклоочиститель со щетками, обычно в комплекте со стеклоомывателем, и струйный фароочиститель, обеспечивающий подачу на фару или блок-фару струи жидкости под давлением до 0,3 МПа.

Системы струйной очистки фар позволяют обходиться без стеклоочистителей и щеток, используя кинетическую энергию струи воды, которая под большим давлением направляется на рассеиватель фары. Давление, необходимое для очистки, создается ротор-

ным насосом. Вода на рассеиватель подается под большим давлением через специальные наконечники с вихревой камерой. Струйный омыватель фар не оказывает на поверхность фары механического воздействия и подходит даже для очистки фар с пластиковым корпусом. Такой омыватель не создает дополнительных шумов при работе, имеет малые габариты и не портит экстерьер машины. На машинах с большой площадью головной оптики для повышения эффективности очистки используют струйные омыватели фар с двойной телескопической форсункой.

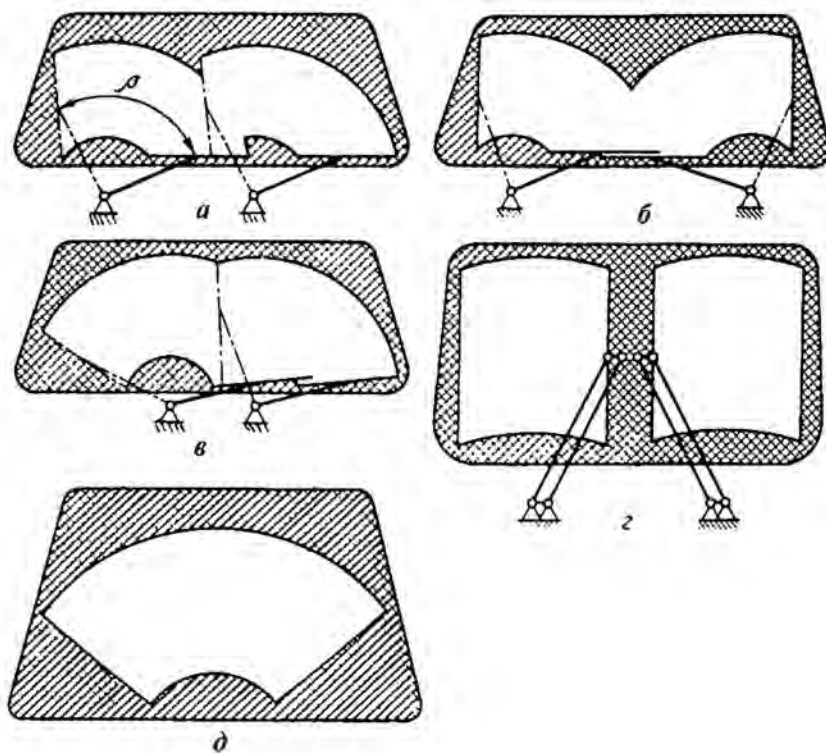


Рис. 5.4. Зоны очистки ветрового стекла:

а, б – при параллельном и встречном движении щеток; *в* – при параллельном движении щеток с разными углами поворота; *г* – при использовании пантографа; *д* – одной щеткой

При работе стеклоочистителя вращение вала электродвигателя через соединительную муфту передается червяку и далее – червячной шестерне понижающего редуктора. На валу ведомой шестерни редуктора закреплен кривошип. Вращение кривошипа посредством рычажной системы преобразуется в качание рычагов, на которых установлены щетки. В цепи управления стеклоочистителем имеется термометаллический предохранитель, который разрывает цепь электроснабжения электродвигателя при появлении недопустимых перегрузок, когда щетки примерзают к стеклу или по каким-либо причинам резко возрастает сопротивление вращению якоря электродвигателя. Включение электродвигателя после остывания биметаллической пластины происходит автоматически.

В качестве электродвигателей для стеклоочистителей используются электродвигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и с параллельным или смешанным электромагнитным возбуждением, в большинстве случаев объединенные с понижающим редуктором в мотор-редукторы (рис. 5.5, 5.6). Частота вращения вала электродвигателя с электромагнитным возбуждением регулируется за счет изменения силы тока в параллельной обмотке возбуждения. В электродвигателе с возбуждением от постоянных магнитов изменение частоты вращения вала достигается установкой дополнительной третьей щетки, смещенной с геометрической нейтральной. В системах очистки ветрового стекла обычно используется червячный редуктор, в системах очистки заднего стекла и фарочистки - дополнительная передача для преобразования вращательного движения вала электродвигателя в колебательное движение рычагов щеток.

Требуемый вращающий момент электродвигателя в установившемся режиме работы щеток стеклоочистителя на мокром стекле определяется фрикционной нагрузкой от сил трения, возникающих при перемещении щеток по стеклу и в трущихся парах передаточного механизма, а также передаточным числом понижающего редуктора. Этот момент не должен превышать 20 % начального или пускового момента. В случае больших систем очистки, работающих на вертикальных ветровых стеклах городского транспорта при определении момента сопротивления вращению вала электродвигателя, необходимо учитывать влияние силы тяжести рычагов со щетками.

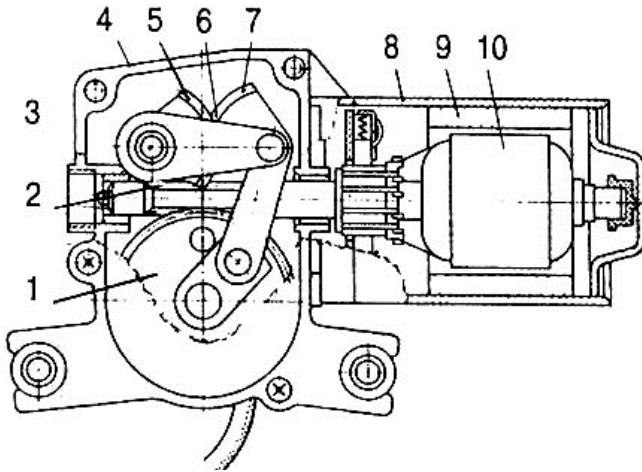


Рис. 5.5. Мотор-редуктор стеклоочистителя заднего стекла:
 1 – шестерня; 2 – червяк; 3 – выходной вал; 4 – корпус редуктора;
 5, 7 – зубчатые секторы; 6 – серьга; 8 – корпус электродвигателя;
 9 – постоянный магнит; 10 – якорь

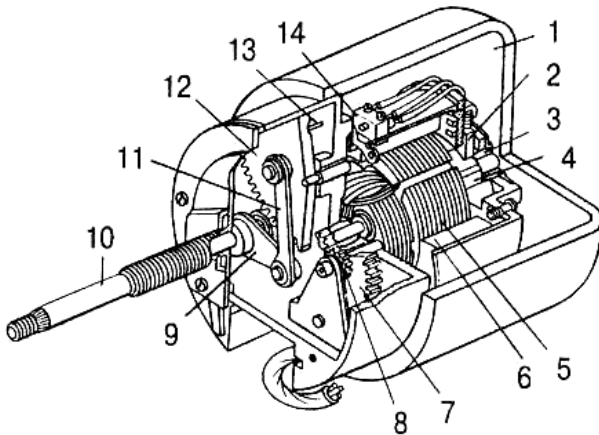


Рис. 5.6. Мотор-редуктор стеклоочистителя фар:
 1 – корпус; 2 – щетки; 3 – подшипник; 4 – коллектор; 5 – якорь; 6 – постоянный магнит; 7 – ведомая шестерня первой ступени редуктора; 8 – ведущая шестерня второй ступени редуктора; 9 – поводок; 10 – выходной вал; 11 – шатун; 12 – ведомая шестерня второй ступени редуктора; 13 – шток; 14 – выключатель

Ниже (рис. 5.7) показаны кинематические схемы кривошипных механизмов, обеспечивающих параллельное и встречное перемещение щеток. Площадь и расположение зон очистки на стеклах зависят от взаимного расположения опор исполнительного механизма стеклоочистителя (размеры a и b) и от величин радиусов r_1 и r_2 .

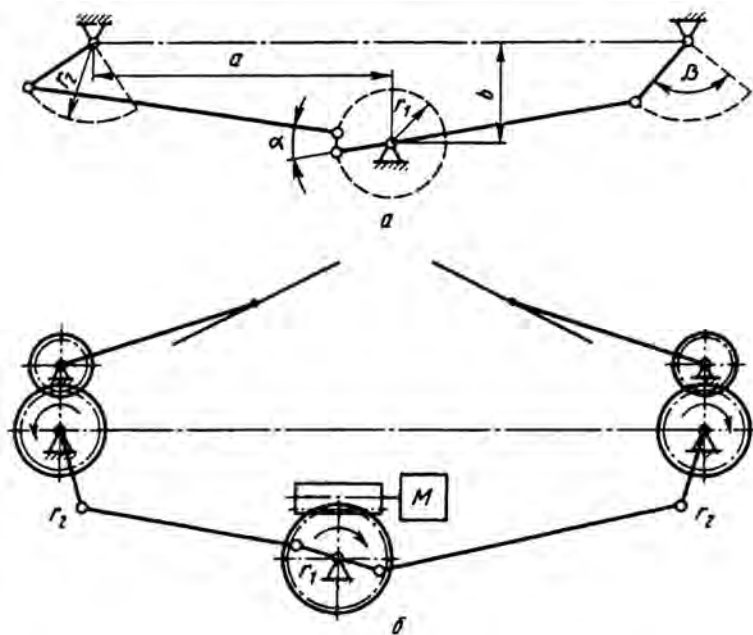


Рис. 5.7. Кинематические схемы кривошипных механизмов стеклоочистителей для обеспечения движения щеток: a – параллельного; b – встречного; α – угол между тягами

Для остановки электродвигателя применяют концевой выключатель, который размыкает цепь электроснабжения электродвигателя в момент, когда щетки находятся в положении парковки на одной из границ зон очистки стекла. В электродвигателях с параллельным и смешанным электромагнитным возбуждением остановка якоря при срабатывании концевых выключателей происходит с соединением щеток через обмотку возбуждения. В стеклоочистителях с электроприводом от электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов после срабатывания концевых выключателей

основные щетки замыкаются накоротко и частота вращения вала электродвигателя резко уменьшается. Электродвигатель работает в режиме динамического торможения, что и обеспечивает укладку щеток стеклоочистителя в строго заданном положении парковки.

Стеклоомыватель (рис. 5.8) содержит бачок 10 для жидкости, насос с электроприводом и жиклеры с сопловыми отверстиями, связанные резиновыми шлангами или пластмассовыми трубками 18. Бачок стеклоомывателя имеет объем 1,5–2 л. Если на машине имеется стеклоомыватель фар, то применяют бачки объемом до 5–7 л. Объем бачка должен обеспечивать многократное пользование стеклоомывателем. Сетчатый фильтр 16 предотвращает засорение сопловых отверстий жиклеров. Жиклер формирует струю жидкости и направляет ее на стекло в рабочую зону щетки стеклоочистителя.

Часто в системах омывателей стекол и фар применяют мотор-насосы. Мотор-насос представляет собой соединение в одну общую конструкцию электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов и жидкостного насоса. На рис. 5.9 показана конструкция мотор-насоса 20002.3730 струйной фароочистки автомобиля ГАЗ-3102. Параметры мотор-насоса даны в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Параметры мотор-насосов

Тип мотор-насоса	Назначение	Напряжение, В	Потребляемый ток, А (не более)	Перепад давления, МПа
2002.3730	Струйная фароочистка	12	40	0,3
9602.3730	Струйная фароочистка	12	20	0,38
274.3730	Омыватель стекол	12	3	0,16
99.3730	Омыватель стекол	12	3	0,11
351.3730	Обогрев салона	12	3,7	0,015
75.3730	Электробензонасос	12	6,5	3,9

Крыльчатка центробежного насоса, закрепленная на валу электродвигателя, выполнена из пластмассы, внутренняя полость электродвигателя защищена от попадания влаги резиновой манжетой. Режим работы мотор-насосов – кратковременный или повторно-кратковременный.

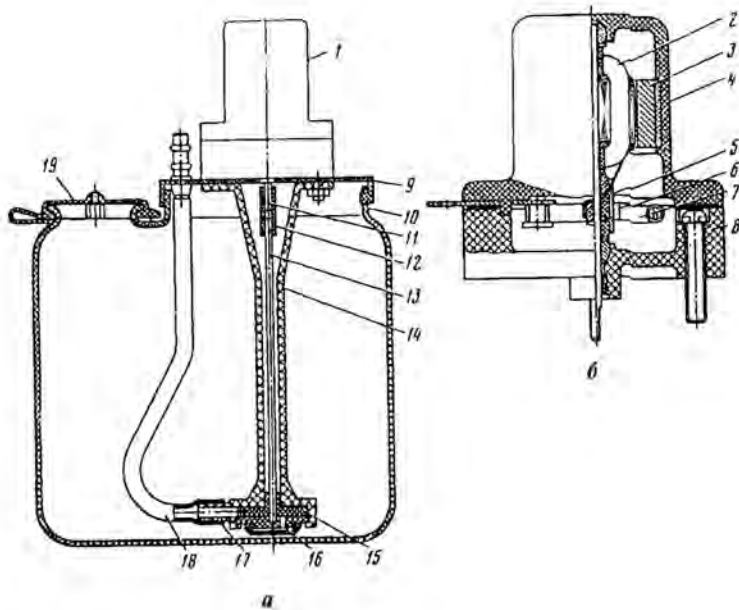


Рис. 5.8. Стеклоомыватель:

a – бачок стеклоомывателя; *б* – электродвигатель; 1 – электродвигатель привода насоса; 2 – якорь; 3 – постоянный магнит; 4 – корпус электродвигателя; 5 – коллектор; 6 – щетка; 7 – щеткодержатель; 8 – фланец; 9 – крышка крепления насоса; 10 – бачок; 11 – вал электродвигателя; 12 – муфта; 13 – вал насоса; 14 – корпус насоса; 15 – ротор насоса; 16 – фильтр; 17 – штуцер; 18 – трубка; 19 – пробка бачка

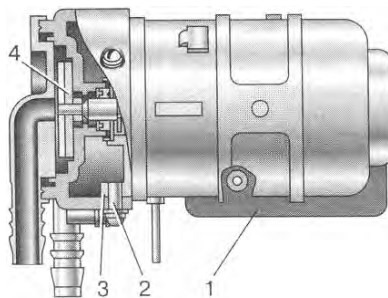


Рис. 5.9. Мотор-насос 2002.3730:

1 – электродвигатель; 2 – манжета; 3 – корпус насоса; 4 – крыльчатка насоса

Порядок выполнения работы

1. По плакатам и натурным узлам изучить устройство и работу спидометров.
2. По плакатам и натурным узлам изучить устройство и работу стеклоочистителей и стеклоомывателей.
3. Вычертить устройство спидометра.
4. Вычертить принципиальную схему электрического привода спидометра.
5. Ознакомиться с техническими характеристиками мотор-насосов.

Содержание отчета

1. Чертеж устройства спидометра.
2. Принципиальная схема электрического привода спидометра.
3. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация спидометров.
2. Устройство и принцип работы спидометров.
3. Регулировка спидометра.
4. Устройство и принцип работы электрического привода спидометров.
5. Принцип работы электронного спидометра.
6. Назначение стеклоочистителей и стеклоомывателей.
7. Способы очистки стекол.
8. Устройство и работа мотор-редуктора.
9. Устройство и работа мотор-насоса.
10. Основные технические характеристики мотор-насосов.
11. Возможные неисправности и стеклоочистителей и стеклоомывателей.

Лабораторная работа № 6

СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Цель работы: изучение назначения и устройства системы освещения и световой сигнализации, назначения и конструкций приборов освещения и световой сигнализации, их расположения на транспортных средствах.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству систем освещения и световой сигнализации, натурные приборы систем освещения и световой сигнализации.

Общие сведения

Система освещения и световой сигнализации предназначена для освещения дороги, передачи информации о габаритных размерах автомобиля, предполагаемом или совершаемом маневре, для освещения номерного знака, кабины, салона кузова, контрольно-измерительных приборов, багажника, подкапотного пространства и т. д. От состояния и характеристик световых приборов зависит безопасность движения автомобилей, особенно в темное время суток.

Большую часть информации о дорожной обстановке и состоянии автомобиля водитель получает через органы зрения. Безопасность движения зависит от видимости объектов на дороге, которая, в свою очередь, определяется интенсивностью освещения, типом и состоянием дорожного покрытия, характеристиками органов зрения водителя и объектов на дороге. Автомобильные световые приборы должны обеспечивать хорошую видимость, необходимую информативность в широком диапазоне расстояний и в различных погодных условиях, не вызывая ослепления водителей в темное время суток. С наступлением темноты видимость дороги и предметов на ней ухудшается вследствие недостаточной или неравномерной их освещенности. Видимость ухудшается также во время тумана, дождя, снегопада или пылевой бури, при уменьшении прозрачности лобового стекла, а также с увеличением расстояния до объекта различения. При движении в условиях ограниченной видимости увеличивается вероятность дорожно-транспортного происшествия. От дальности видимости зависит допустимая скорость движения автомобиля. Безопасность

движения обеспечивается в том случае, если дальность видимости дороги превышает путь автомобиля при торможении.

При попадании в глаза водителя света от встречного автомобиля или фонарей впереди идущего транспортного средства возможно как ослепление, так и ощущение дискомфорта. Дискомфорт становится ощутимее при увеличении яркости световых отверстий фар, фонарей и их угловых размеров. Особенно тяжелые условия работы для глаз водителя возникают при переключении света фар и при колебаниях светового пучка фар автомобиля, движущегося по неровной дороге.

Работа системы освещения основана на принципе генерирования излучения, распределения и перераспределения в пространстве электромагнитных излучений в оптической области спектра. Органами зрения воспринимается видимое излучение с длиной волны λ в диапазоне 380–760 нм.

Органы зрения обладают избирательной способностью к отдельным диапазонам видимого спектра. Наибольшую спектральную чувствительность глаз человека проявляет к излучению с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

На транспортных средствах устанавливают различные по назначению, конструкции, электрическим и светотехническим параметрам световые приборы. В обязательный комплект световых приборов для всех механических транспортных средств входят не менее двух фар дальнего и ближнего света, по два габаритных огня и по два указателя поворота спереди и сзади, два световозвращателя, сигналы торможения, фонари заднего хода и один фонарь освещения номерного знака, расположенные сзади. В качестве дополнительных светосигнальных приборов устанавливают контурные огни, боковые повторители указателей поворота, опознавательные знаки автопоезда и прицепа, боковые световозвращатели, огни преимущественного проезда. К необязательным световым приборам относят противотуманные фары, фары-прожекторы, прожекторы-искатели, задние противотуманные фонари, фонари заднего хода и увеличения габарита автомобиля, боковые габаритные и стояночные огни.

Большое количество световых приборов на автомобиле не должно вызывать трудностей при их различении участниками дорожного движения. Для этого используется система кодирования информации, поступающей от световых приборов. К кодирующим элементам относят количество одновременно работающих световых при-

боров, их расположение на транспортном средстве и режим работы, расстояние между одновременно работающими световыми приборами, форму светоизлучающей поверхности, цвет излучаемого света и интенсивность излучения в пределах одного цвета.

Для управления работой систем освещения и световой сигнализации служит коммутационная аппаратура, которая включает в себя следующие устройства:

- главный (центральный) переключатель света;
- дополнительный (ножной) переключатель света;
- комбинированный переключатель света;
- различные реле, разгружающие переключатели от токов большой силы в цепи фар;
- выключатель сигналов торможения;
- переключатель сигналов поворота;
- прерыватель указателей поворота (может входить составной частью в контактно-транзисторный прерыватель, который обеспечивает также работу аварийной сигнализации);
- выключатель фонарей заднего хода;
- выключатели фар рабочего освещения, противотуманных фар, прожектора-искателя, плафонов освещения кабины, фонарей освещения подкапотного пространства и багажного отделения, контурных и стояночных огней, аварийной сигнализации и т. д.

Автомобильные световые приборы делятся на осветительные и светосигнальные. Световой пучок осветительного прибора воспринимается после отражения от дороги или объекта на дороге, а световой поток светосигнального прибора наблюдатель воспринимает непосредственно. Фары (фонари) заднего хода можно считать и осветительными и светосигнальными приборами. Водитель автомобиля, на котором они установлены, воспринимает их световой пучок после отражения от дороги и наблюдаемых объектов, а другие участники дорожной обстановки - непосредственно.

Световые приборы преобразуют электрическую энергию в световой пучок определенной структуры (соответствующим образом организованную совокупность направлений излучения света) и спектра (цветность излучения). Оптическая система светового прибора, обеспечивающая необходимую структуру и цветность светового пучка, включает лампу, отражатель и рассеиватель (рис. 6.1). Лампа является источником света. Отражатель, обычно в виде па-

раболоида вращения, концентрирует световой поток, испускаемый лампой, в требуемом телесном угле. Рассеиватель, выполненный из прозрачного материала, перераспределяет световой поток в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью линз и призм на его внутренней поверхности и, при необходимости, меняет цвет излучаемого света.

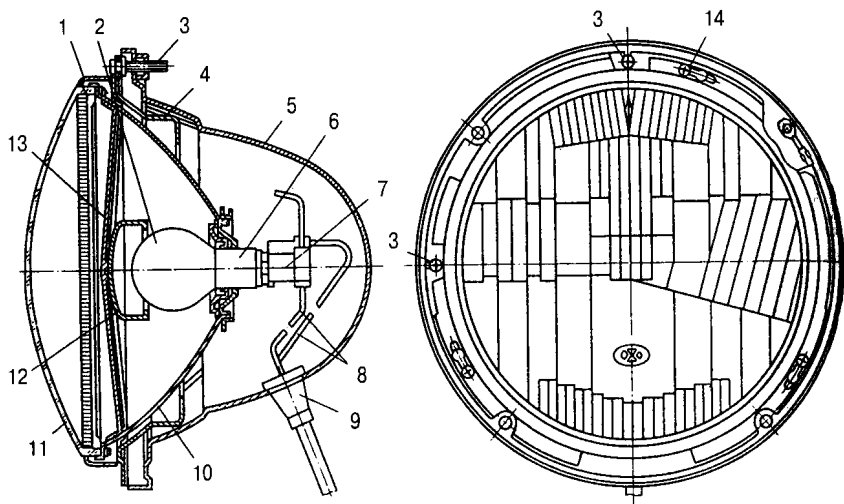


Рис. 6.1. Автомобильная фара:

- 1 – внутренний ободок; 2 – лампа; 3 – регулировочный винт; 4 – опорное кольцо;
- 5 – корпус; 6 – цоколь лампы; 7 – соединительная колодка; 8 – провода;
- 9 – держатель проводов; 10 – отражатель; 11 – рассеиватель; 12 – экран;
- 13 – держатель экрана; 14 – винт

Основными светотехническими параметрами световых приборов являются активная поверхность оптической системы, световое отверстие, телесный и плоский углы охвата, углы излучения и рассеивания, фокус и фокусное расстояние оптической системы, коэффициент отражения для отражателей и коэффициент пропускания и поглощения для рассеивателей.

Параметры световых приборов в значительной мере зависят от свойств материалов, из которых выполняются отдельные элементы оптической системы.

В целях обеспечения наиболее благоприятных условий видимости при движении на дорогах в ночное время световые приборы по-

стоянно совершенствуют: разрабатывают конструкции фар с более рациональным светораспределением, устанавливают устройства, автоматически ослабляющие слепящее действие фар при встречном разезде автомобилей. Для управления осветительными и светосигнальными приборами широко применяют электронику.

На современных транспортных средствах применяют систему активных биксеноновых фар, способных следовать направлению поворота транспортного средства и позволяющих оптимизировать освещенность дороги в условиях недостаточной видимости.

В систему управления фарами входит микропроцессор, который регистрирует и обрабатывает данные по целому ряду различных параметров (положение рулевого колеса, скорость движения, наличие встречных автомобилей и др.). Процессор управляет несколькими электродвигателями, которые, в свою очередь, управляют фарами, направляя их световой пучок таким образом, чтобы он следовал за профилем участка дороги, благодаря чему обеспечивается максимально эффективное освещение при движении по узким и извилистым неосвещенным дорогам, при движении в поворотах (рис. 6.2). Фары могут поворачиваться на угол до 15° в каждом направлении, таким образом общий диапазон поворота составляет 30° . Эта технология повышает освещенность дороги за поворотом на 90 %. Водитель имеет возможность видеть весь поворот и заранее рассчитать скорость и радиус прохождения поворота. Чтобы не ослеплять водителей встречного потока, вертикальный наклон фар регулируется в зависимости от загрузки транспортного средства, его ускорения или замедления. Система подстраивается под скорость движения: чем выше скорость, тем быстрее поворачиваются фары. Датчик освещенности выключает систему поворота фар в светлое время суток для увеличения срока ее службы. Как правило, система работает на скоростях выше 3 км/ч.

В новых системах адаптивного света световой пучок не только поворачивается на виражах, но и подстраивается под условия движения, изменяя форму и яркость. Основу системы составляет подвижный цилиндр с прорезями сложной формы. Шаговый электромотор поворачивает цилиндр так, что свет от ксеноновой лампы проходит через разные отверстия в нем, создавая перед автомобилем нужную световую картину. Положением цилиндра управляет электронный блок, ежесекундно анализируя сигналы от датчиков дождя, скорости, угла поворота колес и скорости вращения автомо-

бия вокруг вертикальной оси. Еще два оптических сенсора на лобовом стекле собирают информацию о профиле дороги и наличии встречных и попутных машин. Такая система обеспечивает до девяти режимов работы фар головного света (рис. 6.3).



Рис. 6.2. Схема изменения направления светового пучка активных фар при повороте

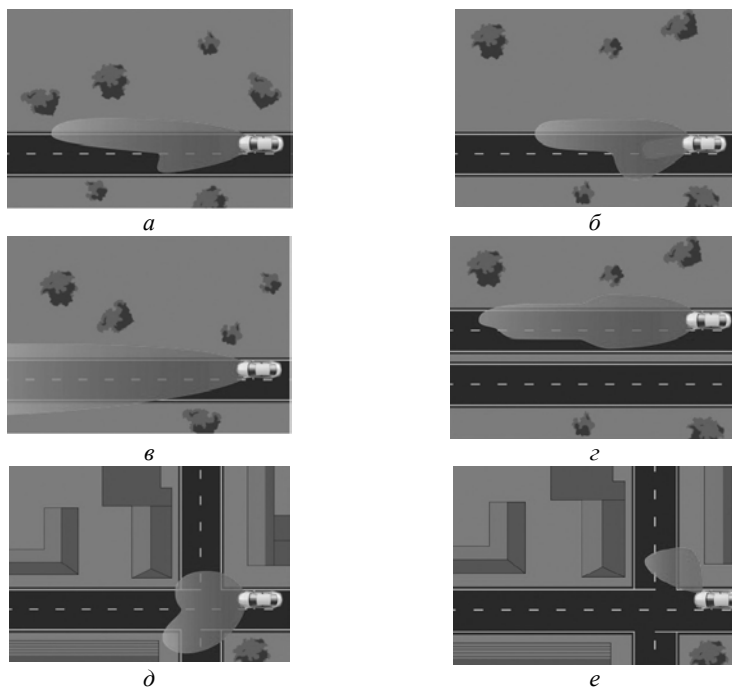


Рис.6.3. Схема изменения параметров светового пучка адаптивной системы головного освещения:

- a* – свет для плохих погодных условий; *б* – ближний свет для проселочных дорог;
- в* – автоматический дальний свет; *г* – магистральный свет (ближний);
- д* – городской свет; *е* – статичный поворотный свет

В качестве традиционного источника света в световых приборах мобильных машин используют электрические лампы накаливания (рис. 6.4).

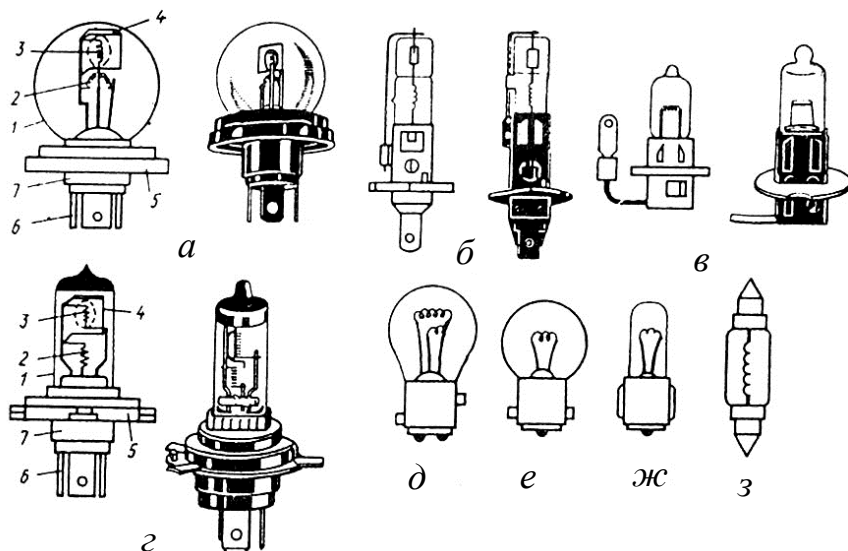


Рис. 6.4. Лампы накаливания:

a – для фар головного освещения с европейской асимметричной системой светораспределения; *б, в, з* – галогенные лампы; *д* – двухнитевая штифтовая; *е* – однонитевая штифтовая; *ж* – пальчиковая; *з* – софитная; *1* – колба; *2* – нить дальнего света; *3* – нить ближнего света; *4* – экран; *5* – фокусирующий фланец; *б* – выводы; *7* – цоколь

Лампа накаливания состоит из колбы *1*, одной или двух нитей накала *2* и *3*, цоколя *7* с фокусирующим фланцем *5* или без него и выводов *б*.

Колба лампы представляет собой стеклянный сосуд шаровидной, каплевидной, грушевидной или цилиндрической формы, в котором размещены нити накала. Нити накала в двухнитевых лампах имеют различное функциональное назначение.

Цоколь лампы служит для крепления лампы в патроне светового прибора и подведения тока от источника энергии к электродам, соединяющим контакты цоколя с нитями накала. Лампы обычно имеют штифтовые и фланцевые цоколи различной конструкции. В лампе со штифтовым цоколем трудно обеспечить точное расположение

нитей накала относительно штифтов. Штифтовой цоколь не позволяет надежно фиксировать лампу в патроне. Поэтому лампы с такими цоколями применяются в основном в световых приборах, к которым не предъявляются жесткие требования в отношении светотехнических характеристик.

Для точной фиксации нити накала относительно фокуса параболического отражателя лампы фар снабжают фокусирующим фланцевым цоколем. Конструкция фланца позволяет устанавливать лампу в оптический элемент лишь в одном определенном положении.

Размеры и расположение нитей накала в лампе нормируются стандартами для того, чтобы при замене лампы характеристики светового прибора существенно не изменялись.

При прохождении электрического тока нить накала лампы нагревается и при определенной температуре начинает излучать свет. Энергия светового излучения, воспринимаемого человеческим глазом, составляет лишь небольшую часть потребляемой лампой электрической энергии. Большая часть электрической энергии выделяется в виде теплового излучения.

Нить накала должна выдерживать высокие температуры, иметь малые размеры. Ее изготавливают из тонкой вольфрамовой проволоки, свитой в цилиндрическую спираль. Спираль крепится к электродам и обычно имеет форму прямой линии или дуги окружности. Тугоплавкий вольфрам имеет температуру плавления $3380\text{ }^{\circ}\text{C}$ и позволяет нагревать спираль до $2300\text{--}2700\text{ }^{\circ}\text{C}$. С повышением температуры спирали увеличиваются яркость и световая отдача лампы. Однако при температуре нити накала свыше $2400\text{ }^{\circ}\text{C}$ вольфрам интенсивно испаряется и, оседая на стенках стеклянной колбы, образует темный налет, уменьшающий световой поток лампы.

Вольфрам интенсивнее испаряется в вакуумных лампах. Поэтому лампы мощностью свыше 2 Вт заполняют смесью инертных газов аргона и азота или криптона и ксенона. Благодаря большому давлению инертных газов в колбе газонаполненной лампы допускается более высокая температура нагрева спирали, что позволяет увеличить световую отдачу до $14\text{--}18\text{ лм/Вт}$ при сроке службы $125\text{--}200\text{ ч}$.

Повышение температуры нити накала до $2700\text{--}2900\text{ }^{\circ}\text{C}$ достигается в лампах с галогенным циклом. Это обеспечивает на $50\text{--}60\%$ большую световую отдачу лампы. Колба галогенной лампы также заполняется инертным газом (аргон, ксенон, криптон и др.) и дополнительно – не-

большим количеством паров йода или брома. В лампах с йодным циклом частицы вольфрама, осевшие на стенках колбы после испарения нити накала, соединяются с парами йода и образуют йодистый вольфрам. При температуре колбы из жаростойкого кварцевого стекла 600–700 °С йодистый вольфрам испаряется, диффундирует в зону высокой температуры вокруг нити накала и распадается на вольфрам и йод. Вольфрам оседает обратно на нить, а пары йода остаются в газовом пространстве колбы, участвуя в дальнейшей реализации йодистого цикла.

Галогенные лампы отличаются от обычных ламп накаливания меньшими размерами колбы, повышенной яркостью нити накаливания. Так как вольфрам не оседает на поверхности колбы, она остается прозрачной в течение всего срока службы лампы. Галогенный цикл дает положительный эффект лишь при точной дозировке йода или брома. Это создает определенные технологические трудности при изготовлении галогенных ламп. Практически использование галогенов не дает существенного увеличения срока службы лампы, так как вольфрам испаряется и оседает на поверхности спирали неравномерно, что неизбежно приводит к уменьшению ее толщины на отдельных участках и перегоранию.

Галогенная лампа представляет собой малогабаритную цилиндрическую колбу из кварцевого стекла, внутри которой располагается тело накала. Выводы выполняются из молибдена, коэффициент расширения которого близок к коэффициенту расширения кварца.

Двухнитевая галогенная лампа устанавливается в фарах головного освещения. Специальный цоколь исключает установку лампы в не предназначенный для нее оптический элемент.

Однонитевые галогенные лампы применяются в противотуманных фарах, фарах-прожекторах и фарах рабочего освещения. Кроме того, они могут быть использованы в четырехфазных системах головного освещения.

Промышленно выпускаются лампы с номинальным напряжением 6, 12 и 24 В. Расчетное напряжение ламп выше и составляет соответственно 6,3–6,75, 12,6–13,5 и 28 В.

Лампы работают в условиях вибрации и тряски, поэтому должны быть механически прочными. Крепление колбы к цоколю должно выдерживать усилие, прилагаемое к лампе, когда она вставляется в патрон или вынимается из него. Лампы должны надежно удерживаться в патронах при значительных вибрациях. Снижение вибра-

ционных нагрузок на нить накала и устройство для закрепления лампы в патроне достигается за счет эластичной подвески патрона или светового прибора на автомобиле.

В настоящее время применяются и другие источники света – ксеноновые лампы, спектр излучения которых близок к солнечному свету. Светоизлучение ксеноновой лампы обеспечивает дуговой разряд между электродами, которые расположены в колбе, заполненной инертным газом. Ксеноновые лампы не перегорают, устойчивы к вибрации, их светоотдача достигает 80 лм/Вт.

Однако чтобы ионизировать инертный газ, необходимо обеспечить пробой междуэлектродного промежутка начальным импульсом напряжения 20–25 кВ. Кроме того, рабочий режим лампы обеспечивается при подаче на электроды переменного тока напряжением 330 В и частотой 300 Гц. Эти проблемы в настоящее время решаются с помощью полупроводниковых преобразователей путем трехступенчатого преобразования напряжения.

Ксеноновая лампа массой 15 г благодаря большей светоотдаче имеет мощность 35 Вт. В то же время масса преобразователя составляет около 0,5 кг. Для установки на автомобиле системы освещения с ксеноновой лампой необходимо использовать как минимум два комплекта таких преобразователей, чтобы обеспечить требуемое светораспределение фар дальнего и ближнего света. Все это делает систему головного освещения достаточно сложной и дорогостоящей.

Новым источником света для приборов освещения и световой сигнализации являются светодиоды. Прогрессивные технологии и применение новых материалов позволили создать светодиоды с высокой световой отдачей, которые обеспечивают силу света, достаточную для изготовления световых приборов, хорошо видимых даже при ярком солнечном свете. Изделие, выполненное на светодиодных материалах, сохраняет функциональное назначение при выходе из строя одного или нескольких светодиодов. При конструировании светодиодного прибора особое внимание следует уделять правильному выбору силы тока и поддержанию ее величины при эксплуатации. В светодиоде номинальная сила света (интенсивность излучения) достигается за 1,4 мкс, а в лампе накаливания сила света, составляющая 75 % номинальной силы света, обеспечивается лишь за время, превышающее 200 мс, что может существенно снизить безопасность движения, особенно при торможении транспортных средств.

Светодиод или LED (light emitting diode) – это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение. Светодиод состоит из полупроводникового кристалла на подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы. Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в области p – n -перехода. В светодиоде, в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение. Светодиод механически прочен и исключительно надежен, его срок службы может достигать 100 тысяч часов, что почти в 100 раз больше, чем у лампы накаливания.

Цвет, как обычно, определяется цветовой температурой, а также длиной волны излучения. Яркость светодиодов очень хорошо поддается регулированию методом широтно-импульсной модуляции, для чего необходим специальный управляющий блок. Метод широтно-импульсной модуляции заключается в том, что на светодиод подается не постоянный, а импульсно-модулированный ток, причем частота сигнала должна составлять сотни или тысячи герц, а ширина импульсов и пауз между ними может изменяться. Средняя яркость светодиода становится управляемой, в то же время светодиод не гаснет.

Ведущие автомобильные производители более десяти лет используют технологию светодиодов в производстве автомобилей. В частности, давно используются светодиоды в задних фонарях многих автомобилей. Однако большое количество автомобильных производителей экспериментируют с полной заменой традиционных ламп на светодиоды в фарах ближнего и дальнего света (рис. 6.5, *а*). Немецкая фирма «Hella» создала фары на базе светодиодной техники. Источниками света в новых фарах служат кристаллы, которые работают на небольшом токе до 0,1 А. Они в сотни раз экономичнее привычных ламп и очень эффективны. Например, используемые в фарах «Hella» диоды обеспечивают поток света в 1000 люменов наравне с ксеноновыми. Отражатели светодиодных фар, по версии «Hella», должны иметь сотовую структуру. Пучки света на разных режимах формируются семью многоугольными линзами, в том числе четырьмя в режиме ближнего (рис. 6.5, *б*) и тремя в режиме дальнего света. В дневном режиме работают все семь отражателей.



а

б

Рис. 6.5. Светодиодные фары головного освещения

В темное время суток при высоких скоростях движения необходимо освещать дорогу и обочину перед автомобилем на расстоянии 50–250 м. Это позволяет водителю своевременно оценивать дорожную обстановку и избегать столкновений с препятствиями. Для освещения дороги на мобильных машинах устанавливают фары и прожекторы. Распределение света фары на дороге зависит от конструкции оптического элемента и установленной в нем лампы.

Световой пучок фары может быть сформирован прожекторным или проекторным методом. Наиболее распространенный прожекторный метод обеспечивает концентрацию светового потока источника только отражением и его перераспределение рассеивателем в соответствии с заданным режимом освещения. Для концентрации светового пучка при таком методе формирования используется параболический отражатель с круглым или прямоугольным (усеченным) отверстием.

В качестве преломляющих элементов используются цилиндрические, сферические и эллипсоидные линзы, призмы и линзы-призмы. В зависимости от преломляющей структуры рассеивателя добиваются как изменения формы светового пучка, так и силы света в различных направлениях светораспределения.

Формирование необходимой структуры светового пучка обеспечивается также изменением положения тела накала относительно фокальной точки отражателя.

Параболические отражатели увеличивают силу света лампы в нужном направлении в 200–400 раз и тем самым обеспечивают не-

обходимую освещенность дороги на значительно больших расстояниях. При расчете освещенности дальних участков дороги принимают во внимание только пучок отраженных лучей. Часть светового потока источника, которая мимо отражателя проходит сильно расходящимся пучком, освещает лишь близлежащие участки дороги в пределах 5–10 м. Эта часть светового потока называется необработанной и обычно экранируется (дополнительный экран в фаре или чернение вершины колбы лампы), так как из-за большого угла рассеивания она ухудшает видимость при движении в тумане или в дождливую погоду.

Отражатели в оптических элементах фар и прожекторов предохраняют от воздействия окружающей среды защитными стеклами. В фарах головного освещения защитные стекла-рассеиватели осуществляют вторичное распределение светового потока в вертикальной и горизонтальной плоскостях, обеспечивая требуемый уровень освещенности на различных участках дорожного полотна. При изготовлении в пресс-формах на внутренней поверхности рассеивателя формируют линзы и призмы. Вертикальные цилиндрические линзы рассеивают световой пучок в стороны. Сила света, максимальная вдоль оптической оси фары, постепенно уменьшается при отклонении от оптической оси в горизонтальной плоскости и резко падает при отклонении луча вверх или вниз. Двойной угол рассеивания, в котором сила света снижается до 8–10 % от максимального значения (световой пучок максимальной концентрации), составляет 18–24° в горизонтальной и 5–9° в вертикальной плоскостях. Сферические линзы позволяют получить световой пучок, одинаково рассеянный в обеих плоскостях. При эллипсоидных линзах получают различные углы рассеивания светового пучка во взаимно перпендикулярных плоскостях. В случае использования призм добиваются изменения распространения части светового потока в результате соответствующей ориентации ее преломляющей грани.

Автомобильные фары должны удовлетворять двум противоречивым требованиям: хорошо освещать дорогу перед автомобилем и не ослеплять водителей транспортных средств при встречном разъезде. Ослепление светом фар водителей встречных автомобилей является серьезной проблемой, непосредственно связанной с обеспечением безопасности движения. В настоящее время она решается примене-

нием двухрежимных систем головного освещения с дальним и ближним светом.

Дальний свет предназначен для освещения дорожного полотна перед автомобилем при отсутствии встречного транспорта. Ближний свет обеспечивает освещение дороги перед автомобилем при движении в населенных пунктах или при разъезде со встречным транспортным средством на шоссе. Ближний свет значительно снижает ослепление участников дорожного движения при достаточном уровне освещенности дороги и правой стороны обочины. Фары головного освещения должны обеспечивать необходимую видимость дороги и объектов на ней при дальнем и ближнем свете. Переключение с дальнего света на ближний при встречном разъезде должно осуществляться водителями обоих транспортных средств одновременно при расстоянии между машинами не менее 150 м.

Для получения дальнего и ближнего света в двухфарных системах освещения используют двухнитевые лампы накаливания. Современные автомобили оборудуют фарами головного освещения с американской и европейской системами асимметричного светораспределения ближнего света. Асимметричный световой пучок обеспечивает лучшую освещенность той стороны дороги, по которой движется автомобиль, и уменьшает ослепление водителей встречного транспорта.

В лампах фар с американской и европейской системами светораспределения нить накала дальнего света располагают в фокусе отражателя. Световой пучок дальнего света с малым углом рассеивания может быть получен при минимальных размерах спирали, выполняемой в виде дуги, лежащей в горизонтальной плоскости. Большие линейные размеры нити дальнего света по горизонтали обуславливают большее рассеивание светового пучка в горизонтальной плоскости.

В фарах с американской системой светораспределения (рис. 6.6, *a*) нить 2 ближнего света в виде спирали цилиндрической формы смещена несколько вверх и вправо относительно фокуса, если смотреть на отражатель со стороны светового отверстия. Спираль ближнего света расположена поперек оптической оси. Пучок света разделяется на две части. Одна часть отражается вправо и вниз относительно оптической оси. Остальная часть светового пучка направлена вверх и влево и попадает в глаза водителя встречного транспортного средства. Световой пучок фар ближнего света с американской системой распределения не

имеет четкой светотеневой границы. Увеличение угла рассеивания отраженного светового пучка требует дополнительного светораспределения рассеивателем со сложной структурой оптических элементов. Для уменьшения светового потока лучей, направленных вверх и влево от оптической оси, применяют отражатели с меньшей глубиной. Светораспределение фар американской системы регламентируется силой света в контрольных точках измерительного экрана.

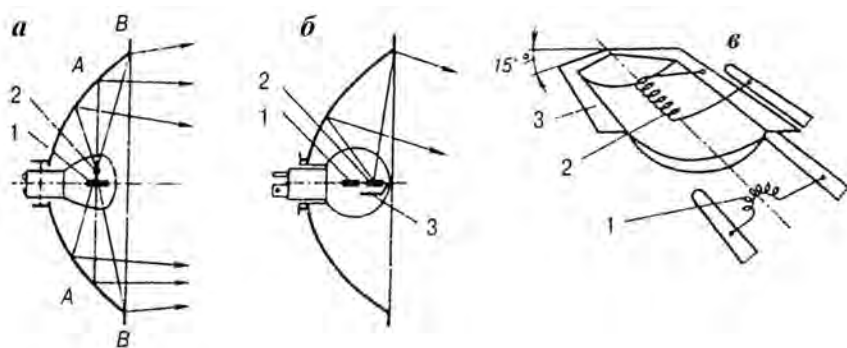


Рис. 6.6. Фары с различными системами распределения ближнего света:
a – американская система; *б* – европейская система; *в* – расположение экрана под нитью ближнего света; 1 – нить дальнего света; 2 – нить ближнего света; 3 – экран

В фарах с европейской системой светораспределения (рис. 6.6,*б*) нить 2 ближнего света цилиндрической формы выдвинута вперед по отношению к нити 1 дальнего света и расположена чуть выше и параллельно оптической оси. Лучи от нити ближнего света, попадающие на верхнюю половину отражателя, отражаются вниз и освещают близлежащие участки дороги перед автомобилем. Непрозрачный экран 3, расположенный под нитью 2 ближнего света, исключает попадание световых лучей на нижнюю половину отражателя, поэтому глаза водителя встречного транспортного средства находятся в теневой зоне. Одна сторона экрана 3 отогнута вниз на угол 15° , что позволяет увеличивать площадь активной поверхности левой половины отражателя и освещенность правой обочины и правой полосы движения автомобиля. Световой пучок фар с европейской системой светораспределения при их работе в режиме ближнего света имеет четко выраженную светотеневую границу, что обес-

печивает четкое разделение на освещенную зону и зону неслепящего действия. Фары европейской системы имеют более рациональное светораспределение.

Ослепляющее действие фар американской системы больше. В то же время освещенность дороги фарой американской системы при переключении с дальнего света на ближний меняется меньше. Фара европейской системы по сравнению с фарой американской системы лучше освещает правую полосу дороги и обочину. Однако при движении автомобиля по неровной дороге колебания светотеневой границы приводят к быстрому утомлению зрения водителя. Фары с американской системой светораспределения с размытым световым пучком ближнего света менее чувствительны к неровностям дороги.

Обе системы обеспечивают безопасный встречный разезд автомобилей только на прямой ровной дороге при условии правильной регулировки оптических элементов и своевременного переключения дальнего света на ближний.

На транспортных средствах устанавливают две или четыре фары дальнего света и две фары ближнего света. Свет фар должен быть белым. Допускается установка фар светло-желтого селективного света. В двухфарных системах головного освещения применяют круглые и прямоугольные оптические элементы. Каждая фара обеспечивает дальний и ближний свет.

При движении в тумане ближний и дальний свет фар головного освещения не обеспечивают удовлетворительной видимости дороги. Для улучшения видимости дорожного полотна, обозначения габаритных размеров транспортного средства и снижения аварийности во время туманов, дождей и снегопадов применяют противотуманные фары и фонари. Противотуманные фары отличаются от обычных большим углом рассеивания светового пучка в горизонтальной плоскости и более четкой верхней светотеневой границей. Для уменьшения рассеивающего действия тумана на световой пучок противотуманные фары устанавливают ближе к дорожному полотну. В этом случае уменьшается длина пути световых лучей до пересечения с полотном дороги.

На транспортных средствах устанавливают большое число светосигнальных приборов при ограниченном пространстве для их размещения. Устанавливают габаритные и стояночные фонари, сигналы торможения, указатели поворота, световозвращатели. Форма,

размеры и расположение светосигнальных приборов отвечают установленным нормам и соответствуют внешнему виду машины.

Отдельным считается световой прибор с одним или несколькими параллельно включенными источниками света и одной светящейся поверхностью, собранными в отдельном корпусе. Комбинированный световой прибор имеет один источник света (или несколько параллельно включенных и одновременно светящихся источников света), один корпус, но две или несколько светящихся поверхностей. Совмещенный световой прибор имеет разные источники света или один источник света, работающий в разных режимах, одну светящуюся поверхность и один корпус. Двухнитевая лампа принимается за два источника света. Сгруппированный световой прибор объединяет в одном корпусе несколько самостоятельных световых приборов с отдельными источниками света и отдельными светящими отверстиями. В таком световом приборе сигнальные фонари могут располагаться горизонтально и вертикально (рис. 6.7).

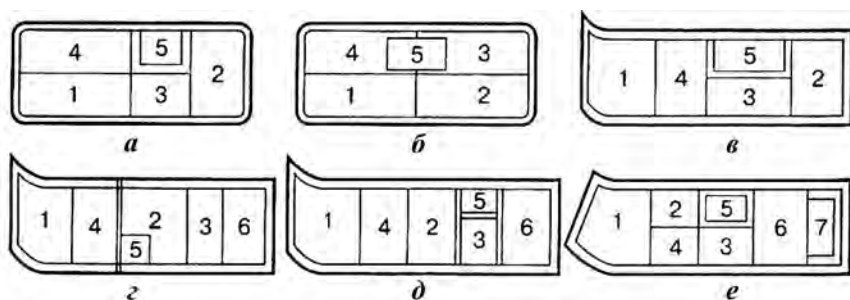


Рис. 6.7. Расположение светосигнальных секций

в задних левых сгруппированных световых приборах:

- a* – ВАЗ-2105; *б* – ВАЗ-2107; *в* – ВАЗ-2108, 2109; *г* – ГАЗ-3102;
- д* – «Москвич»-2141; *е* – ЗАЗ-1102; 1 – указатель поворота (оранжевый);
- 2 – сигнал торможения (красный); 3 – фонарь заднего хода (белый);
- 4 – габаритный фонарь (красный); 5 – световозвращатель (красный);
- 6 – противотуманный фонарь (красный); 7 – фонарь освещения номерного знака (белый)

Светосигнальные приборы должны быть хорошо опознаваемы, что достигается изменением силы света, цветности сигналов, а также проблесковым режимом их работы. В автомобильных светосигнальных приборах в основном используют красный, белый и оранжевый

цвета. По европейским нормам спереди автомобиля не должно быть ни одного фонаря красного цвета.

Максимальная сила света светосигнальных приборов ограничена ввиду возможного ослепления водителей в темное время суток, а минимальная обусловлена способностью человека различать световой сигнал в солнечный день. В темное время суток светосигнальные приборы хорошо видны при силе света 2–12 кд. Для обеспечения видимости световых сигналов в солнечный день силу света необходимо увеличивать до 200–700 кд. Эти условия работы обеспечиваются двухрежимными указателями поворота и сигналами торможения. На режиме работы с уменьшенной силой света включаются дополнительные резисторы в цепи электроснабжения.

Два передних и два задних габаритных фонаря сигнализируют о наличии и примерной ширине транспортного средства. Прицепы и полуприцепы имеют два габаритных фонаря сзади, а при ширине более 1,6 м – еще и два передних. Автобусы с числом мест более десяти дополнительно снабжены двумя верхними габаритными фонарями спереди и сзади.

Каждый автомобиль должен иметь два передних и два задних указателя поворота. Боковые повторители указателей поворота обязательны для машин длиной более 6 м и для машин с прицепами и полуприцепами. Повышенная заметность светового сигнала о повороте достигается усилением силы света и работой в проблесковом режиме. Для формирования прерывистого светового сигнала указателей поворота применяют тепловые, электромагнитные и электронные реле-прерыватели. Частота мигания сигнала указателя поворота 1–2 с⁻¹. При меньшей частоте сигнал может быть не замечен вовремя участниками движения. Сигнал с частотой мигания более 2 с⁻¹ не воспринимается как мигающий. Ниже (рис. 6.8) приведена электрическая схема электромагнитного реле-прерывателя.

Прерыватель электромагнитный РС-401 предназначен для получения прерывистого светового сигнала указателей поворота. Прерыватель электромагнитного типа рассчитан для работы в системе постоянного тока с двумя группами сигнальных ламп и одной индикаторной лампой КЛ (см. рис. 6.5). Механизм и контактная часть прерывателя заключены в цилиндрический металлический кожух. На изоляционной панели установлены три выводных контактных болта М4 для присоединения плоских наконечников проводов; возле каж-

дого болта имеются маркировки: СЛ – сигнальная лампа, Б – батарея, КЛ – индикаторная лампа. В прерывателе на стальном сердечнике помещена обмотка прерывателя 2, состоящая из пяти витков. Она включена последовательно с сигнальными лампами. В нерабочем состоянии главные контакты 1 разомкнуты усилием натянутой нихромовой струны, а контакты 2 – натяжением бронзовой пластины. Все контакты прерывателя серебряные. Дополнительный резистор R сопротивлением 38–40 Ом выполнен из нихромовой проволоки. При включении сигнальных ламп ток от сети напряжением 24 В будет проходить через струну, дополнительный резистор R, обмотку 2, накал нитей ламп будет небольшим. Проходящий по струне ток вызовет ее нагрев, вследствие чего она удлинится и ее натяжение уменьшится. В это время стальной якорь притянется к сердечнику электромагнита и контакты прерывателя 1 замкнутся. Замкнутые контакты шунтируют резистор R и струну, ток в цепи увеличивается, и нити ламп будут светиться полным накалом. Прерывание тока в струне сопровождается ее остыванием и уменьшением длины.

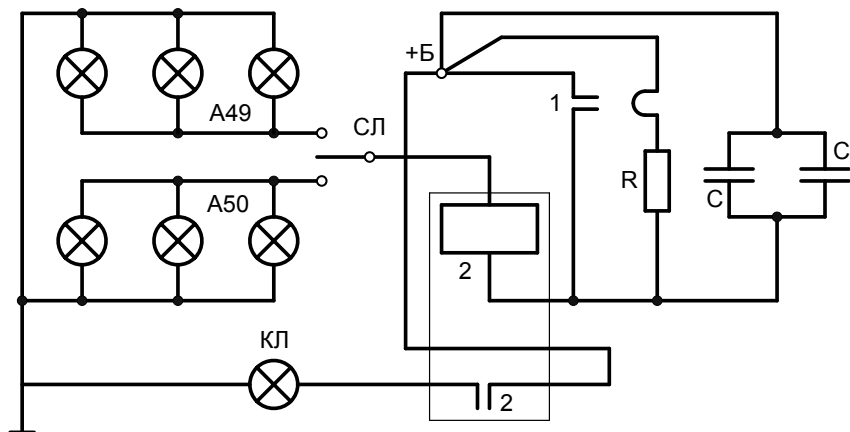


Рис. 6.8. Принципиальная электрическая схема реле РС-401:
 А49, А50 – лампы указателей поворотов правого и левого бортов;
 КЛ – индикаторная лампа; С – конденсаторы; СЛ – выключатель сигнальных ламп
 (указателей поворота); R – дополнительный резистор; 1 – главные контакты;
 2 – контакты индикаторной лампы

Струна снова натягивается и размыкает контакты 1, после чего процесс снова повторяется. Периодическое размыкание и замыкание

ние цепи контрольной лампы обеспечивается работой контактов 2. Контрольная лампа включается на полное напряжение цепи 24 В и горит полным накалом после замыкания контактов 2. После размыкания контактов 1 вследствие уменьшения тока в обмотке электромагнита резко снижается намагничивание сердечника и под действием упругой бронзовой пластины контакты 2 разомкнутся и выключат цепь контрольной лампы КЛ. Регулировку частоты выполняют винтом: вывинчивание винта увеличивает натяжение струны, а также зазоры между контактами, якорем и сердечником, после чего ускоряется размыкание контактов, а следовательно, повышается частота миганий ламп. Для уменьшения частоты миганий винт ввинчивают.

Два задних сигнала торможения включаются при срабатывании тормозных систем и сигнализируют о замедлении движения или остановке транспортного средства. Дополнительные сигналы торможения у задних стекол салона легкового автомобиля при загрязнении основных сигналов торможения видны водителю, едущему сзади, а также водителям нескольких следующих в колонне автомобилей, что обеспечивает их своевременную реакцию на изменение дорожной ситуации.

Световозвращатели являются пассивными светосигнальными приборами с возвратно-отражающими оптическими элементами. Они предназначены для указания наличия и обозначения габаритов транспортного средства в темное время суток путем отражения света, излучаемого источником, находящимся на другом транспортном средстве.

Кабина водителя, салон автомобиля или автобуса, подкапотное пространство, багажное отделение, вещевого ящик и др. имеют внутреннее освещение. Все внутренние помещения освещаются лампами небольшой мощности. Лампы освещения салонов пассажирского транспорта соединяются параллельно либо последовательно.

Порядок выполнения работы

1. Используя плакаты изучить устройство и работу систем освещения и световой сигнализации.
2. По плакатам и натурным образцам изучить устройство и работу приборов систем освещения и световой сигнализации.

3. Ознакомиться с классификацией приборов освещения и световой сигнализации.
4. Изучить принцип работы различных источников света.
5. Заэскизировать устройство автомобильной фары.
6. Вычертить схему электромагнитного реле-прерывателя указателей поворота.

Содержание отчета

1. Эскиз автомобильной фары.
2. Электрическая схема реле-прерывателя указателей поворота.
3. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Состав системы освещения и световой сигнализации. Основные и дополнительные осветительные и светосигнальные приборы.
2. Коммутационная аппаратура системы освещения и световой сигнализации.
3. Назначение и устройство приборов системы освещения и световой сигнализации. Регулировка приборов.
4. Источники света.
5. Европейская и американская система светораспределения.
6. Принцип работы реле-прерывателя указателей поворотов.
7. Возможные неисправности и обслуживание регуляторов напряжения.

Лабораторная работа № 7

СИСТЕМА ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Цель работы: изучение назначения и устройства системы звуковой сигнализации, а также устройства и работы приборов системы.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству и работе системы звуковой сигнализации, ее составных элементов, натурные громкоговорители, микрофон и звуковые сигналы.

Общие сведения

Звуковая сигнализация предназначена для повышения безопасности дорожного движения, безопасности пассажиров и для обеспечения двусторонней связи между пассажирами и водителем транспортного средства.

Цепи звуковой сигнализации включают:

- тональное устройство;
- звуковой сигнал;
- громкоговорящее устройство с микрофоном и громкоговорителями;
- аппараты коммутации вышеперечисленных устройств.

Тональное устройство (рис. 7.1) служит для подачи сигналов водителю троллейбуса из пассажирского помещения с помощью кнопок, установленных на кожухах механизмов открывания двери или на поручнях.

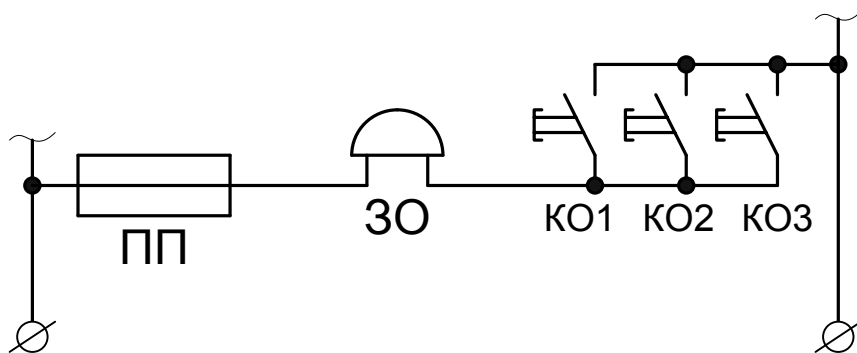


Рис. 7.1. Схема включения тонального устройства для связи пассажиров с водителем

Это же устройство (рис. 7.2) предназначено для подачи звукового сигнала в случае отсутствия высокого напряжения в высоковольтных цепях троллейбуса при замкнутых контактах реле напряжения РН. При этом тональность звукового сигнала меняется в зависимости от того, подается ли сигнал из салона или сигнал извещает об отсутствии высокого напряжения.

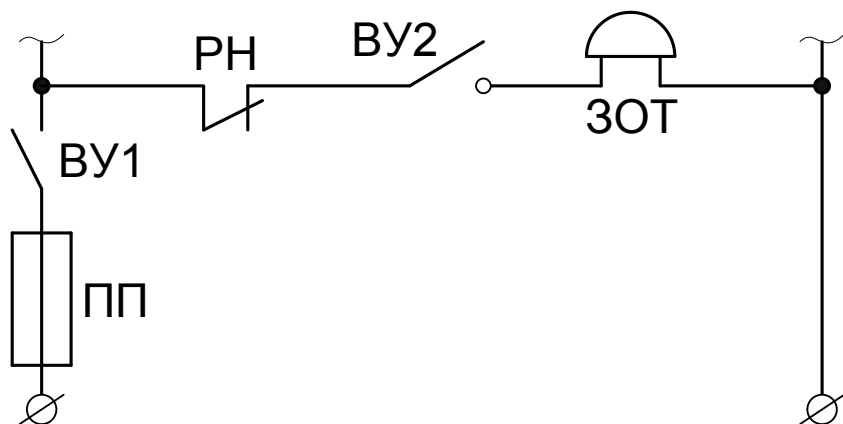


Рис. 7.2. Схема включения тонального устройства для контроля наличия высокого напряжения

Звуковые сигналы предназначены для обеспечения безопасности движения машины в транспортном потоке. Их используют для оповещения пешеходов и водителей других транспортных средств о наличии и приближении машины, а также о состоянии ее рабочих агрегатов. Часто звуковые сигналы включаются в противоугонные системы. Управление звуковым сигналом осуществляется с помощью кнопки в кабине водителя.

Звуковые сигналы по характеру звучания подразделяются на шумовые и тональные, по устройству – на рупорные и тональные, по роду тока – на сигналы постоянного и переменного тока. По принципу действия различают электровибрационные и электропневматические звуковые сигналы.

Звуковое давление должно быть в пределах 85–125 дБ. Основная частота звука составляет 200–400 Гц. Обычно на транспортных средствах используется одновременное включение сигналов низкого и высокого тонов. Комплект сигналов, как правило, включает два

безрупорных или два рупорных сигнала (низкого и высокого тонов), настроенных на совместную работу. Основные частоты звука параллельно соединенных сигналов с разницей в 65–100 Гц гармонично сочетаются. Наиболее хорошо перекрывают шум дорожного движения и слышны в кабине обгоняемого автомобиля сигналы, частотный спектр которых находится в пределах 1800–3550 Гц.

Рассмотрим принцип работы электровибрационного звукового сигнала. К корпусу 3 (рис. 7.3) электромагнитного вибрационного сигнала прикреплены сердечник 4, шпилька 5 и кронштейн 17. Сердечник 4 и якорек 7 выполнены из электротехнической стали. Якорек навернут на шток 12 и закреплен гайкой 9. Шток жестко соединен с мембраной 2, выполненной из легированной и закаленной стали. Вибрационный диск 19 изготовлен из алюминия и предназначен для создания необходимого тембра и чистоты звука. Рупор 1 крепится к корпусу 3 винтами. Некоторые конструкции сигналов не имеют рупора. На шпильке 5 закреплена упругая стальная пластина 6, другой конец которой прикреплен гайкой к штоку 12.

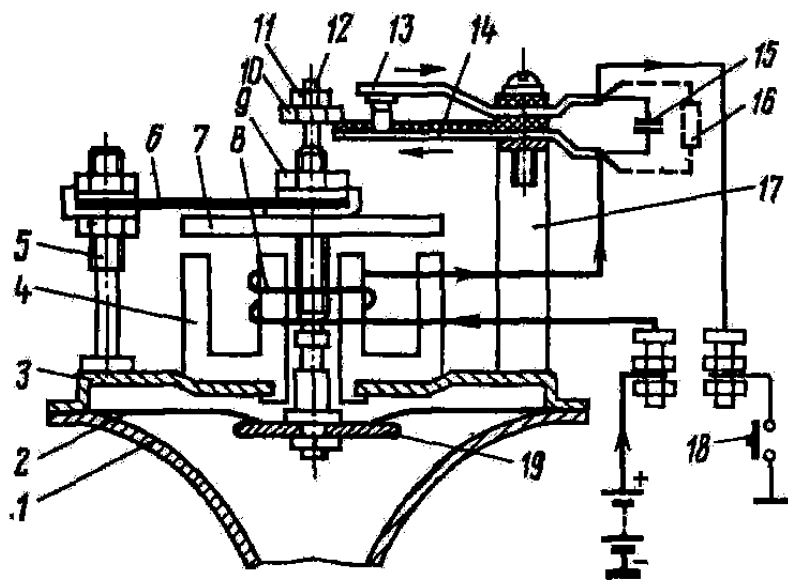


Рис. 7.3. Схема электровибрационного сигнала

Вольфрамовые контакты прерывателя приварены к неподвижной пластине 13 и к упругой стальной пластине 14. Пластины изолированы друг от друга, а также от кронштейна 17 и от регулировочной гайки 10. Для уменьшения искрения параллельно контактам прерывателя включается конденсатор 15 или резистор 16. Зажимы сигнала установлены в корпусе и изолированы от него изоляционными втулками. К одному из зажимов подключен провод, соединенный с кнопкой 18, расположенной в кабине водителя, а другой зажим соединен с источником тока.

В нерабочем состоянии сигнала контакты прерывателя находятся в замкнутом состоянии.

При включении кнопки 18 ток от батареи будет проходить по обмотке сердечника, а затем через контакты прерывателя. При этом сердечник 4 намагничивается и притягивает якорек 7, который через шток 12 воздействует на мембрану 2 и прогибает ее. Одновременно с этим изгибаются стальные пластины 6 и 14 и гайка 10 вызывает размыкание контактов прерывателя.

Размыкание электрической цепи сопровождается размагничиванием сердечника и якорька, вследствие чего мембрана в силу своей упругости принимает прежнюю форму и через шток отводит якорек от сердечника, а регулировочную гайку 10 от упругой стальной пластины 14 прерывателя. Контакты прерывателя замыкаются снова, и работа сигнала повторяется. Итак, контакты, а вместе с ними якорек, шток и мембрана вибрируют с частотой от 200 до 400 с⁻¹. Колебания воздуха, вызванные мембраной 2 и вибрационным диском 19, обеспечивают получение звука.

Подбором толщины и диаметра мембраны, длины рупора, диаметра и конфигурации вибрационного диска обеспечивается получение звука соответствующего тона и тембра.

По устройству и принципу действия шумовые и тональные сигналы незначительно отличаются друг от друга. Шумовые безрупорные звуковые сигналы (рис. 7.4) имеют упрощенную конструкцию и настроены на один музыкальный тон. Наиболее широко распространены электрические вибрационные звуковые сигналы сравнительно малой мощности (40–60 Вт), обладающие хорошим звучанием.

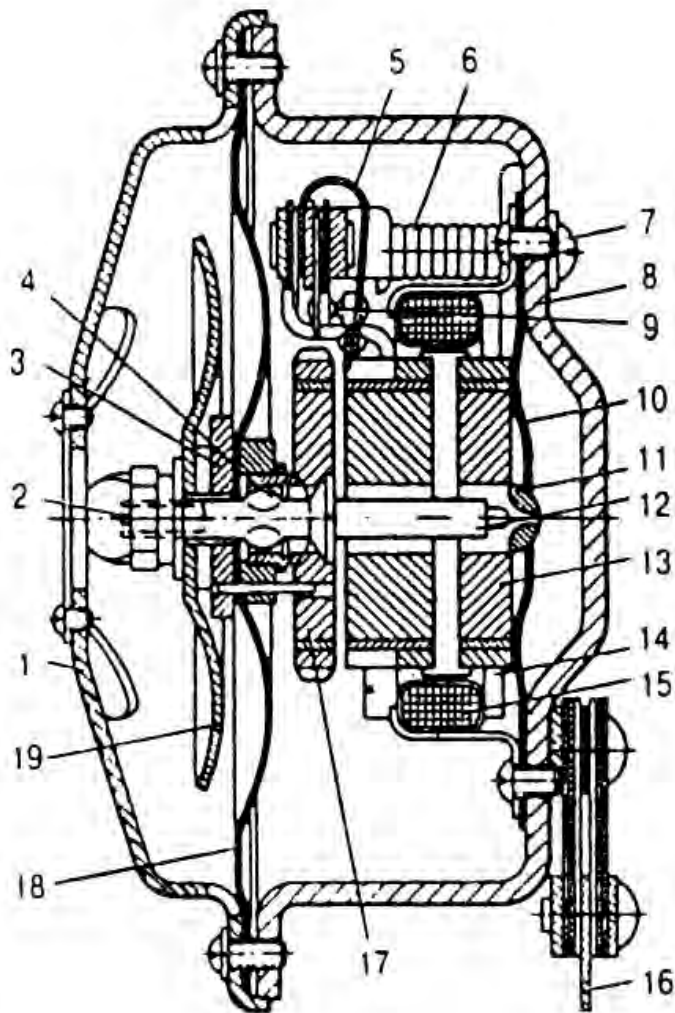


Рис. 7.4. Безрупорный шумовой сигнал:

1 – крышка; 2 – шлиц для регулировки; 3 – прижимная шайба; 4 – шпоночный выступ; 5 – пружинная пластина прерывателя; 6 – пружина регулировочного винта; 7 – регулировочный винт; 8 – корпус; 9 – контакты прерывателя; 10 – центрирующая пружина; 11 – упор стержня; 12 – стержень; 13 – магнитопровод электромагнита; 14 – конденсатор; 15 – обмотка электромагнита; 16 – пружинная подвеска; 17 – якорь; 18 – мембрана; 19 – резонатор

Один вывод безрупорного шумового сигнала постоянного тока соединен с аккумуляторной батареей, а второй – с выключателем, замыкающим цепь электроснабжения обмотки 15 (см. рис. 7.4) электромагнита с сердечником 13 на «массу». При включении сигнала электромагнит притягивает якорь 17, вместе с которым перемещается мембрана 18 с резонатором 19. В конце хода якорь нажимает на пружинную пластину 5, размыкая контакты 9 прерывателя. Цепь электроснабжения электромагнита обесточивается, и под действием упругой силы мембрана движется в обратном направлении, вновь замыкая контакты 9 прерывателя. Далее цикл движения якоря с мембраной периодически повторяется.

Вибрация мембраны передается резонатору 19. От частоты колебаний мембраны и резонатора зависят высота тона звучания сигнала и нужный частотный диапазон звукоизлучения. Качество звучания сигнала регулируется винтом 7, расположенным на корпусе 8 с внешней стороны. Регулировочный винт изменяет положение контактов 9 прерывателя относительно якоря 17.

Мембрана 18 по периферии зажимается винтами между корпусом 8 и крышкой 1. Центральной частью мембрана жестко связана с якорем. Подбором прокладок между корпусом и мембраной регулируется зазор между якорем и сердечником. От зазора между якорем и сердечником зависят громкость, тон сигнала и сила потребляемого сигналом тока.

Тональный сигнал имеет корпус 10 (рис. 7.5), электромагнит с обмоткой 3, сердечником 6 и якорем 13, прерыватель с контактами 8 и мембрану 1. Резонатором в тональном сигнале является столб воздуха, заключенный в рупоре 12. Конфигурация рупора обеспечивает взаимную настройку частот колебаний мембраны и воздушного столба, чем достигается получение громкого звука определенного тона. Конец рупора расширяется для эффективного излучения звука.

Так как тональные сигналы потребляют значительный ток, недопустимый для кнопочных выключателей, подключение их к источнику тока осуществляется с помощью электромагнитного реле (рис. 7.6).

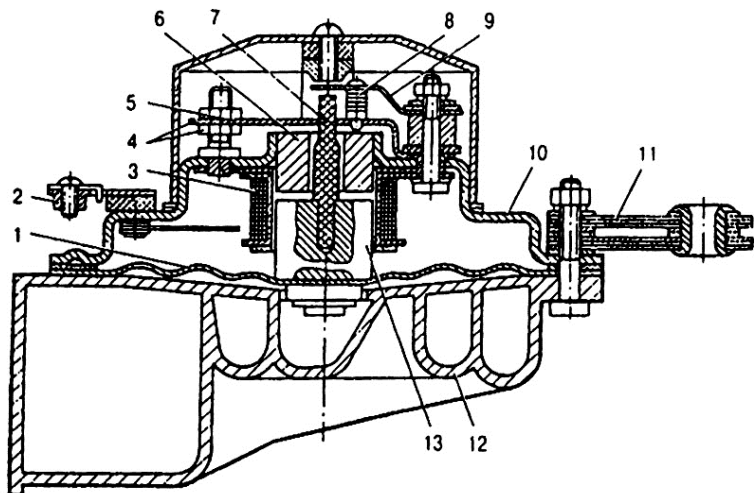


Рис. 7.5. Тональный рупорный сигнал:

1 – мембрана; 2 – изолированный вывод обмотки; 3 – обмотка электромагнита; 4 – регулировочные гайки; 5 – пластина неподвижного контакта; 6 – магнитопровод (сердечник) электромагнита; 7 – упорный штифт; 8 – контакты; 9 – пружина подвижного контакта; 10 – корпус; 11 – подвеска сигнала; 12 – рупор; 13 – якорь

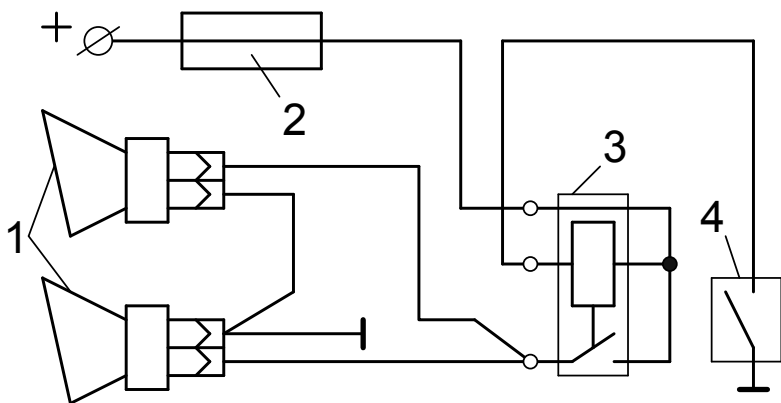


Рис. 7.6. Схема управления звуковыми сигналами:

1 – звуковой сигнал; 2 – плавкий предохранитель; 3 – реле включения сигналов; 4 – выключатель сигнала

Громкоговорящее устройство АГУ-10-3 (рис. 7.7) предназначено для оповещения пассажиров водителем. Конструктивно устройство АГУ-10-3 выполнено в одном блоке.

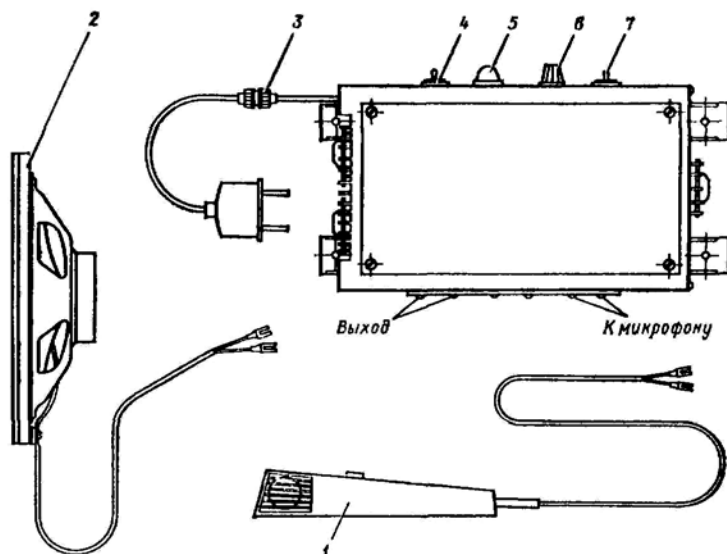


Рис. 7.7. Общий вид громкоговорящего устройства АГУ-10-3:
 1 – микрофон МФ-75; 2 – громкоговоритель 1ГД-36; 3 – держатель предохранителя;
 4 – выключатель питания; 5 – лампа индикации включения усилителя;
 6 – регулятор громкости; 7 – переключатель рода работ

В комплект АГУ-10-3 входят: усилитель низкой частоты; микрофон МФ-75; громкоговорители 1ГД-19 (1ГЛ-28) (4 шт.); запасные предохранители на 3 А (5 шт.). На лицевой панели расположены: выключатель питания; регулятор громкости; переключатель рода работ; лампа сигнальная включения усилителя. На задней стенке панели расположены выходы для подключения микрофона, приемника и громкоговорителей.

Предохранитель на 3 А расположен в держателе, укрепленном в проводе цепи питания. Основные технические данные устройства АГУ-10-3:

- номинальная выходная мощность 10 Вт;
- коэффициент нелинейных искажений канала – не более 7 %;

- напряжение на входе усилителя – не менее 15 мВ;
- входное сопротивление – не менее 250 Ом.

Для включения устройства АГУ-10-3 микрофон входными выводами необходимо подсоединить к входу согласно маркировке, громкоговорители — к выходу усилителя мощности. Затем следует подключить усилитель, переключатель поставить в положение МИКРОФОН, а тумблер включения питания — в положение «Вкл» (загорается лампа); ручкой РЕГУЛЯТОР усилителя установить желаемую громкость звучания. При эксплуатации запрещается замена предохранителей нестандартными и питание устройства от сети с напряжением более 15 В.

В настоящее время для информирования пассажиров, находящихся в салоне транспортного средства и на остановочных площадках, применяется маршрутная информационная система (МИС). Рассмотрим устройство и назначение МИС «BUSE», устанавливаемой в троллейбусах АКСМ 333.

МИС предназначена для информирования пассажиров о номере маршрута, направлении движения, остановках как в режиме обычного расписания, так и во всех чрезвычайных положениях.

МИС состоит из внешних информационных панелей БС110, помещенных на передней, боковой и задней частях троллейбуса, из внутренних информационных панелей БС120, помещенных в пассажирском салоне, и из бортового компьютера БС100.

Основным элементом внешних информационных панелей БС110 являются электромагнитные информационные элементы (ЭИЭ) с поворотным изобразительным диском с двумя устойчивыми положениями. Одна поверхность диска выполнена в матово-черном цвете (специальное покрытие), а вторая поверхность образована рефлексивной фольгой желтого цвета. Они представляют собой изобразительную систему, отражающую окружающий свет. Для освещения этих дисков при низкой интенсивности окружающего света (ночью) в панели вмонтирована люминесцентная лампа с преобразователем, присоединенным к самостоятельной световой цепи транспортного средства. Такое устройство гарантирует максимальный контраст поверхностей, образованных элементами с дисками, настроенными на черный цвет, и поверхностей из элементов с дисками, настроенными на желтый цвет, при любом окружающем освещении.

Внутренние информационные панели БС120 отображают название следующей остановки, номер линии, цель (конечная остановка), реальное время, служебные сообщения и т. д. внутри транспортного средства. Изобразительное поле в восемь строк и 135 колонок образовано матрицами светодиодов красного цвета и встроено в кабельную коробку светлого цвета с красной передней стеной и выводом кабельного соединения на верхней или задней стороне. Специальные замки на боковой стенке служат быстрому открытию и закрытию при монтаже или техническом обслуживании. Регулировка яркости светодиодов от уровня внешнего освещения гарантирует максимальную четкость статических, текущих, инверсных и мигающих надписей.

Бортовые компьютеры БС100 предназначены для автоматического управления всеми установками, которые являются составной частью МИС. Включение следующего сообщения осуществляется выключателем (SB17) на пульте.

Программирование названия маршрута и начальной остановки производится с помощью клавиатуры бортового компьютера.

Порядок выполнения работы

1. По плакатам и натурным приборам системы изучить назначение, устройство и работу системы звуковой сигнализации.
2. Вычертить схемы включения тонального устройства и схему управления звуковыми сигналами.
3. Вычертить схему электровибрационного звукового сигнала.
4. Ознакомиться с назначением, устройством и работой маршрутной информационной системы.

Содержание отчета

1. Описание общего устройства системы звуковой сигнализации.
2. Схемы включения тонального устройства и схема управления звуковыми сигналами.
3. Схема электровибрационного звукового сигнала.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение и состав системы звуковой сигнализации.
2. Назначение и включение в электрические цепи тонального устройства.
3. Назначение и классификация звуковых сигналов.
4. Устройство и принцип работы электровибрационного звукового сигнала.
5. Принцип работы электропневматического звукового сигнала.
6. Назначение, устройство и принцип работы громкоговорящего устройства.
7. Назначение и принцип работы маршрутной информационной системы.
8. Возможные неисправности и обслуживание системы звуковой сигнализации.

Лабораторная работа № 8

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ. РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ

Цель работы: изучение назначения, устройства и работы выключателей, предохранителей и регулятора давления.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству выключателей, предохранителей и регулятора давления, натурные низковольтные и высоковольтные выключатели, натурные предохранители и регулятор давления, набор инструмента.

Общие сведения

Коммутационная аппаратура связывает электропотребителей и бортовую сеть и делится на коммутационную аппаратуру прямого действия – выключатели, переключатели, кнопки – и аппаратуру дистанционного действия – реле, контакторы. Аппаратура прямого действия может объединяться в комбинированные многофункциональные устройства.

В рукоятки элементов коммутационной аппаратуры прямого действия в ряде случаев встраиваются лампы со светофильтрами, цвет которых зависит от функционального назначения аппаратуры: красный, предупреждающий о необходимости принятия мер для предотвращения аварийной ситуации, оранжевый – необходимо принять меры для обеспечения нормальной работы, зеленый – нормальная работа, синий – включен дальний свет, двигатель находится в холодном состоянии, а также лампы подсветки, облегчающие поиск в темноте.

Условные обозначения, поясняющие функциональное назначение включаемого устройства, стандартизированы.

По конструктивному исполнению выключатели и переключатели делятся на кнопочные, клавишные, поворотные, в том числе со съемным ключом, рычажные.

Наибольшее распространение получили клавишные выключатели и переключатели. Они имеют два, а переключатели – три фиксированных положения. В перекидной конструкции (рис. 8.1, а) при нажатии клавиши пружинный толкатель перекидывает контактную пластину, замыкающую контакты. В ползунковой конструкции

(рис. 8.1, б) толкатель перемещает контактную пластину. При этом происходит самоочищение контактов. Падение напряжения на контактах выключателей и переключателей не должно превышать 0,1 В.

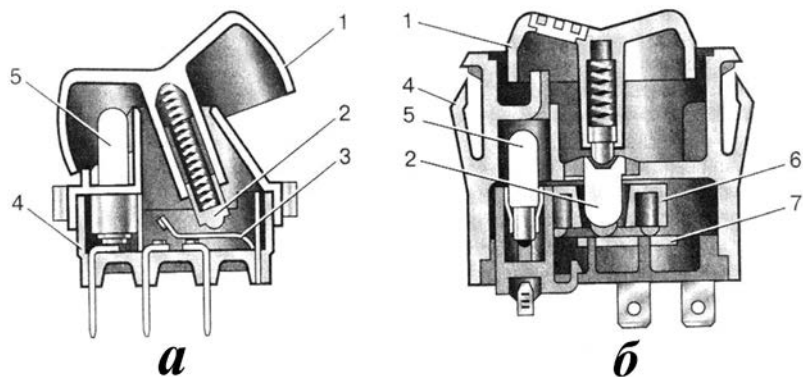


Рис. 8.1. Ключевые выключатели:
а – перекидной; *б* – ползунковый; 1 – клавиша; 2 – толкатель; 3 – перекидная пластина; 4 – корпус; 5 – лампа подсветки; 6 – подвижные контакты; 7 – неподвижный контакт

Поворотные конструкции применяются в выключателях зажигания и подрулевых переключателях.

Подрулевые переключатели имеют несколько отдельных контактных узлов, управляемых собственными рукоятками. Положения переключателя предусмотрены фиксированные и нефиксированные, например, для включения омывателя ветрового стекла.

Конструкция кнопочных выключателей аналогична общепромышленным. В них нажатие кнопки перебрасывает подвижный контакт из одного положения в другое. Кнопочный выключатель без фиксации замыкает контакты, отжимаемые затем пружиной.

На подвижном составе городского электрического транспорта широко применяются высоковольтные выключатели. Они конструктивно отличаются от низковольтных по следующим показателям:

- большие габаритные размеры;
- улучшенная изоляция;
- наличие дугогасительных устройств;

- большие размеры контактов;
- стабильная сила прижатия контактов;
- наличие медного шунта для подвода электрического тока к подвижному контакту;
- плавающая установка подвижного контакта относительно рычага управления.

В целях повышения безопасности высоковольтные выключатели устанавливаются на изоляционном материале. По современным европейским нормативным требованиям в кабине водителя запрещено устанавливать высоковольтное оборудование, в том числе и выключатели. Вместо высоковольтных выключателей на подвижном составе ГЭТ применяют контакторы с дистанционным управлением.

В системах электрооборудования широко применяются электромагнитные и электронные реле. Обычно на выходе электронного реле устанавливается реле электромагнитное. Устройство малогабаритного электромагнитного реле представлено на рис. 8.2.

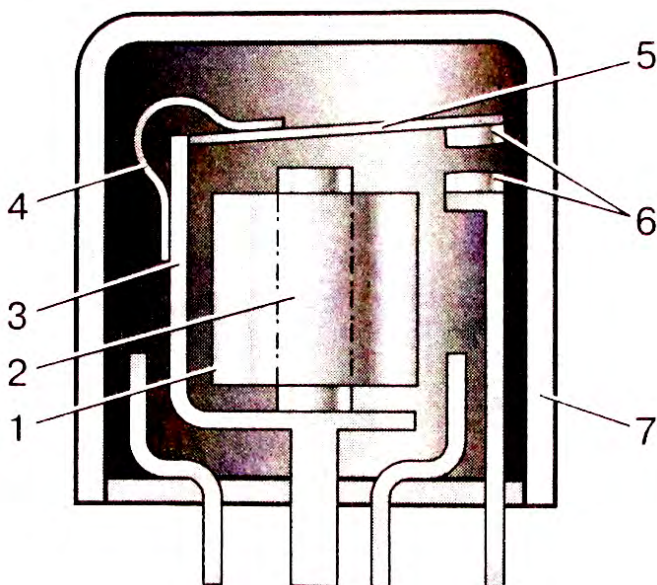


Рис. 8.2. Электромагнитное реле:
 1 – обмотка; 2 – сердечник; 3 – ярмо; 4 – пружина;
 5 – якорь; 6 – контакты; 7 – крышка

Современные реле характеризуются малым содержанием серебра в контактах и могут иметь пластинчатые или витые пружины. Для установки на печатные платы выпускается специальная модификация реле, допускающая распайку ее выводов прямо на печатных платах.

Электронные реле имеют схемное исполнение в соответствии со своим функциональным назначением. Современные электронные реле, как правило, выполняются с использованием интегральных микросхем.

Для удобства обслуживания реле и предохранители современных автомобилей располагаются в едином блоке. Блок реле и предохранителей представляет собой центральное распределительное устройство, связанное через штекерные разъемы и жгуты проводов со всеми элементами бортовой сети машины.

В электрических цепях мобильных машин широко применяются позисторы, плавкие и термометаллические предохранители для защиты от коротких замыканий и перегрузок вспомогательных высоковольтных и низковольтных цепей.

Плавкие предохранители бывают закрытого и открытого типов. Предохранители закрытого типа применяются в высоковольтных цепях.

Плавкие предохранители высоковольтных цепей (рис. 8.3) состоят из вставки 5, представляющей собой кусок медной проволоки или пластинку из легкоплавкого металла. Вставка расположена внутри толстостенной фибровой или фарфоровой трубки 3. Концы плавкой вставки припаяны к латунным колпачкам 1, укрепленным с обеих сторон фибровой трубки с помощью винтов 2. Внутренняя полость колпачков заполнена асбестовой ватой 7. Внутренняя полость фибровой трубки между двумя наборами асбестовых шайб 6 засыпана мраморной крошкой 4 или чистым речным песком. При установке плавкого предохранителя его латунные колпачки 2 надежно входят в пружинные зажимы. Если ток нагрузки в цепи превышает величину, на которую рассчитана плавкая вставка предохранителя, она перегорает и разрывает цепь защищаемого аппарата или электродвигателя. При этом внутри фибровой трубки значительно повышается давление газов, выделяемых фиброй и мраморной крошкой, что способствует быстрому гашению возникающей электрической дуги. Кроме того, происходит быстрое охлаждение дуги при соприкосновении с зернами засыпки. Нормальный ток, на который рассчитан плавкий предохранитель, обычно указан на латунном колпачке. Такой ток предохранитель может выдержать в течение длительного времени.

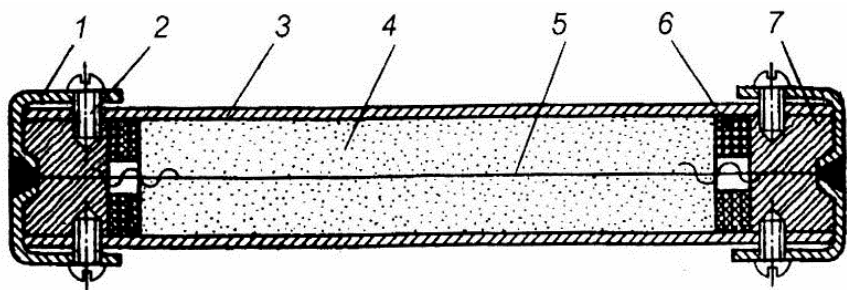


Рис. 8.3. Высоковольтный плавкий предохранитель:
 1 – латунный колпачок; 2 – винт; 3 – фибровая или фарфоровая трубка;
 4 – мраморная крошка или речной песок; 5 – плавкая вставка;
 6 – асбестовая шайба; 7 – асбестовая вата

Для защиты аппаратов постоянного тока от перегрузки плавкие предохранители включают в оба провода электрической цепи. Плавкие предохранители высоковольтных цепей троллейбуса устанавливаются в кабине водителя слева по ходу на перегородке, отделяющей кабину от пассажирского салона, или в других легкодоступных местах.

Низковольтные предохранители установлены на панели предохранителей, расположенной между приборным щитком водителя и контактной панелью, закрыты общей крышкой. У малогабаритных предохранителей штекерного типа (рис. 8.4, а) калиброванная ленточка помещена в пластмассовую оболочку, что увеличивает скорость их срабатывания.

Действие термобиметаллических предохранителей основано на прогибе биметаллических пластин при прохождении по ним тока (рис. 8.4, б).

Термобиметаллические предохранители более инерционны по сравнению с плавкими, их рекомендуется применять в цепях защиты электродвигателей. Эффективность действия предохранителей определяется по их ампер-секундной характеристике, связывающей силу тока, проходящего через предохранитель, и время его срабатывания. Ампер-секундная характеристика зависит от температуры окружающей среды.

Плавкая вставка не должна расплавляться в течение 30 мин при силе тока, в 1,5 раза превышающей номинальную, и должна разры-

вать электрическую цепь не более чем за 10 с при силе тока, в три раза превышающей номинальную. Малогабаритный плавкий предохранитель срабатывает при двукратном повышении силы номинального тока не более чем за 5 с.

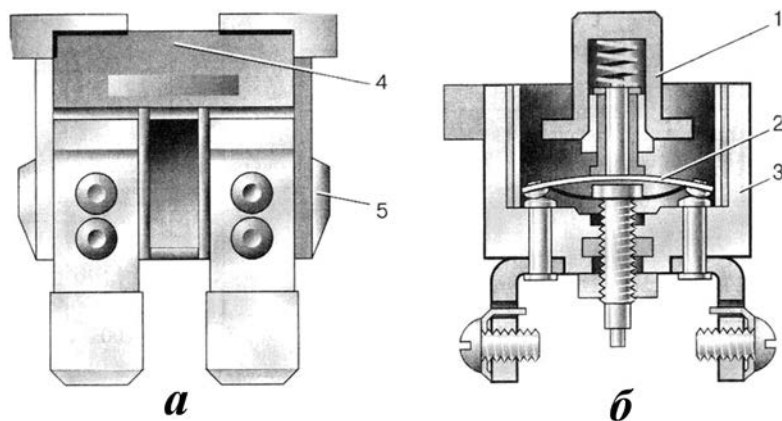


Рис. 8.4. Низковольтные предохранители:
a – плавкий штекерного типа; *б* – термобиметаллический; 1 – кнопка возврата;
 2 – биметаллическая пластина; 3 – корпус; 4 – плавкий элемент;
 5 – пластмассовая оболочка

Термобиметаллические предохранители при нормальных температурных условиях и силе тока, в 2,5 раза превышающей номинальную, срабатывают не более чем за 25 с. Предохранители такого типа с самовозвратом при кратности тока около два срабатывают не более чем за 3 мин.

Номинальная сила тока предохранителя связана с сечением проводящей жилы провода (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Сила тока низковольтных предохранителей

Сечение провода, мм ²	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4
Номинальная сила тока для предохранителя:						
плавкого	8	10	10	16	20	30
термобиметаллического	10	15	15	20	30	40

Позисторы широко применяются для защиты электрических цепей низковольтных электродвигателей. Позистор представляет собой вид полупроводникового терморезистора, у которого сопротивление при достижении определенной температуры (точка Кюри) возрастает на несколько порядков. Материалом для позисторов служит титанат-бариевая керамика с примесью редкоземельных элементов. С увеличением протекающего через позистор тока возрастает его нагрев, и при достижении током критической величины позистор резко увеличивает свое сопротивление, защищая цепь от перегрузки. Для приведения схемы в нормальное состояние напряжение на участке цепи, защищаемой позистором, следует отключить.

Регулятор давления предназначен для автоматического включения и отключения электродвигателя компрессора в зависимости от давления воздуха в напорной системе. Регулятор представляет собой электропневматический аппарат. Действие регулятора давления основано на принципе взаимного уравнивания усилий пружины и давления воздуха на резиновую диафрагму. В зависимости от натяжения пружины устанавливается давление воздуха, при котором регулятор включается или выключается, при помощи электромагнитного контактора замыкая или размыкая электрическую цепь электродвигателя компрессора. При давлении воздуха в питающей части пневмосистемы в 0,8 МПа цепь электродвигателя размыкается, компрессор не работает, а при понижении давления до 0,65 МПа происходит замыкание электрической цепи, компрессор включается и начинает подавать воздух под давлением в систему. Ниже приведены основные параметры регулятора давления АК-11Б:

- напряжение – до 220 В;
- ток – 0,5 А;
- пределы регулирования давления отключения – 0,3–0,9 МПа;
- установка давления отключения – 0,73–0,77 МПа;
- установка давления включения – 0,6–0,64 МПа.

Регулятор давления (рис. 8.5) имеет следующее устройство. На пластмассовом основании 1 укреплен держатель неподвижного контакта 15. Держатель подвижного контакта 4 имеет призматическое соединение с рычагом 18. Пружина подвижного контакта 4 создает контактное давление между подвижным и неподвижными контактами при включенном регуляторе давления. Рычаг подвижного контакта поворачивается на оси 13 при перемещении упора 10 в пластмассо-

вых направляющих основания. Упор *10* с одной стороны испытывает давление главной пружины *8*, с другой – давление сжатого воздуха, передаваемого через резиновую диафрагму *12*. Диафрагма зажата между основанием регулятора давления *1* и прижимным фланцем *11*. Верхний конец главной пружины упирается в гнездо пластмассовой планки *7*, которая может перемещаться вверх или вниз между направляющими стержнями *17* в зависимости от направления вращения регулировочного винта *6*. При этом главная пружина *8* будет оказывать меньшее или большее давление на упор. Подвижный контакт гибким шунтом *5* соединен с зажимом на скобе *16*, а неподвижный контакт – с зажимом *19*. Зажимы служат для присоединения внешних проводов. Механизм регулятора давления закрыт пластмассовым кожухом *2*, закрепленным на основании двумя замками *9*. Сжатый воздух подводится в воздушную полость фланца под диафрагму с помощью резинового шланга. При неработающем компрессоре подвижный контакт прижат к неподвижному пружинной *14*.

Включение и выключение электромагнитного контактора управления электродвигателя компрессора осуществляется под действием пружины *14*, создающей необходимое контактное давление между подвижным контактом *4* и неподвижным *15*. При замыкании электрической цепи регулятора давления включается электродвигатель и компрессор начинает нагнетать воздух в ресиверы. Когда давление воздуха в питающей части пневмосистемы достигает $0,9$ МПа, резиновая диафрагма *12*, выгибаясь, перемещает упор *10* вверх, сжимая главную пружину *8*. При движении упора рычаг *18* поворачивается на оси *13*. Как только точка соединения держателя подвижного контакта с рычагом пересечет ось пружины *14*, подвижный контакт под действием пружины *14* перебросится от неподвижного контакта к упорному винту *3*. Электрическая цепь замыкается. Размыкание контактов регулятора давления происходит при повышении давления воздуха в питающей части пневмосистемы до $0,8$ МПа. Разность между давлением включения и выключения компрессора называют перепадом давления.

В регуляторе предусмотрена отдельная регулировка давлений включения и выключения компрессора. Давление выключения регулятора регулируется винтом *6* главной пружины *8*. При вращении его против часовой стрелки величина давления выключения увеличивается, при вращении по часовой стрелки – уменьшается. После

регулировки головку винта 6 пломбируют. Перепад давления зависит от раствора контактов и регулируется упорным винтом 3. Величина перепада давления уменьшается при уменьшении раствора контактов и не зависит от величины давления выключения. После выставления необходимой величины перепада давлений нужно закрутить винт и проверить надежность отключения.

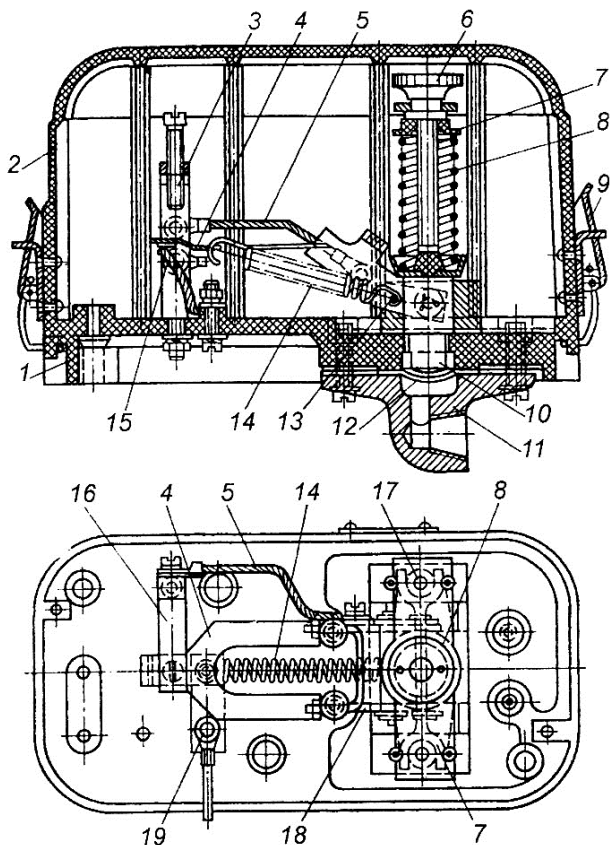


Рис. 8.5. Регулятор давления АК-11Б:

- 1 – основание; 2 – кожух; 3 – винт упорный; 4 – подвижный контакт; 5 – медный шунт; 6 – винт регулировочный; 7 – планка; 8 – главная пружина; 9 – замок; 10 – упор; 11 – прижимной фланец; 12 – резиновая диафрагма; 13 – ось рычага; 14 – пружина; 15 – неподвижный контакт; 16 – скоба; 17 – направляющий стержень; 18 – рычаг; 19 – зажим

Порядок выполнения работы

1. По плакатам и натурным аппаратам изучить устройство и работу выключателей, предохранителей и регулятора давления.
2. Заэскизировать высоковольтный плавкий предохранитель и регулятор давления АК-11Б.

Содержание отчета

1. Эскизы высоковольтного плавкого предохранителя и регулятора давления АК-11Б.
2. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение, устройство и классификация предохранителей.
2. Принцип действия позистора.
3. Основные характеристики предохранителей.
4. Назначение, устройство, классификация и работа выключателей.
5. Особенности конструкции высоковольтных предохранителей и выключателей.
6. Назначение, устройство и принцип работы регулятора давления.
7. Основные характеристики и регулировки регулятора давления.
8. Возможные неисправности и обслуживание выключателей и регулятора давления.

Лабораторная работа № 9

НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Цель работы: изучение устройства и работы низковольтных вспомогательных электрических цепей подвижного состава ГЭТ.

Приборы и оборудование: плакаты по устройству низковольтных вспомогательных электрических цепей, натурные приборы низковольтных вспомогательных электрических цепей.

Общие сведения

Рассмотрим назначение и состав вспомогательных низковольтных цепей.

Вспомогательное низковольтное электрическое оборудование получает питание от генератора или статического преобразователя, работающих параллельно с аккумуляторной батареей. Аккумуляторная батарея включается двухполюсным пакетным выключателем. Для защиты аккумуляторной батареи от перегрузок и коротких замыканий служит плавкий предохранитель. В цепь генератор–аккумуляторная батарея включены амперметр с шунтом и вольтметр. Все вспомогательные цепи защищены от перегрузок и коротких замыканий плавкими предохранителями. Цепи вспомогательного оборудования питаются напряжением 12 и 24 В.

Электрические цепи напряжением 24 В содержат:

1. *Цепь двигателя усилителя рулевого управления.* Электродвигатель включается пакетным выключателем и совместно с насосом устанавливается на площадке перед ведущим мостом троллейбуса.

2. *Освещение салона,* состоящее из 36 ламп (28 В, 20 Вт), установленных в 12 плафонах. Лампы включены в две группы, которые включаются выключателями через плавкий предохранитель на 40 А. Плафоны размещены на потолке салона так, что при включении одной из групп освещенность салона остается равномерной. При включении обеих групп освещенность салона составляет около 25 лк на уровне 1 м от пола.

3. *Электродвигатели* (24 В, 25 Вт, 3000 мин⁻¹) привода вентиляторов электропечи кабины, включаемые выключателем.

4. *Звуковые сигналы*, соединенные между собой параллельно и включаемые кнопочным выключателем, установленным на колонке рулевого механизма.

5. *Звонок (тональный сигнал)*, предназначенный для связи пассажиров с водителем. Звонок включается одним из кнопочных выключателей, расположенных у входных и выходных дверей троллейбуса. Цепи электропривода вентиляторов, звуковых сигналов и звонка защищены плавким предохранителем на 20 А.

6. *Две автомобильные фары с лампами ближнего и дальнего света*, управляемые переключателем, и два подфарника включаемые отдельным переключателем. Схема выполнена так, что можно включить либо подфарники, либо фары головного освещения. В цепь дальнего света включена контрольная лампа. Цепь фар защищена плавким предохранителем на 20 А.

7. *Лампы указателей поворота* совместно с электромагнитным прерывателем, включаемые переключателем.

8. *Лампы габаритных фонарей, маршрутных фонарей и лампы подсветки приборов*, включаемые выключателем.

Часы водителя представляют собой сочетание часового механизма с электромагнитным заводом. Часы работают от аккумуляторной батареи напряжением 24 В. Подзаводится пружина автоматически через 2–4 мин. Стрелки переводятся головкой перевода с помощью гибкого валика. Суточная погрешность часов при температуре 20 °С не превышает $\pm 1,5$ мин.

К вспомогательным низковольтным электрическим цепям троллейбуса можно отнести электрические цепи штангоуловителей. На рис. 9.1 приведена принципиальная схема работы штангоуловителей.

Катушка реле Р5 включена в цепь двигателя вентилятора. При включении цепи двигателя вентилятора катушка Р5 получает питание и контакты Р5 замыкаются (катушка Р5 включена в течение всего времени работы троллейбуса). После установки токоприемника на контактный провод выключателем В21 включают штангоуловители, при этом загораются сигнальные лампы Л51 и Л52. Штангоуловитель срабатывает при резком перемещении (рывком) токоприемника вверх. Инерционный выключатель, укрепленный на барабане, замыкает свои контакты КН1 (КН2), и на базу транзистора Т1 (Т2) подается напряжение. Транзистор открывается, и через контакты Р5 ток идет в катушку контактора Р1 (Р2). Контакт Р1

(P2) включает электродвигатель привода и своими блок-контактами шунтирует контакты инерционного выключателя КН1 (КН2). При этом барабан, укрепленный на валу двигателя, вращается и наматывает канат, притягивая к крыше троллейбуса токоприемник. Концевой выключатель В23 (В22) у основания токоприемника отключает двигатель, и токоприемник останавливается.

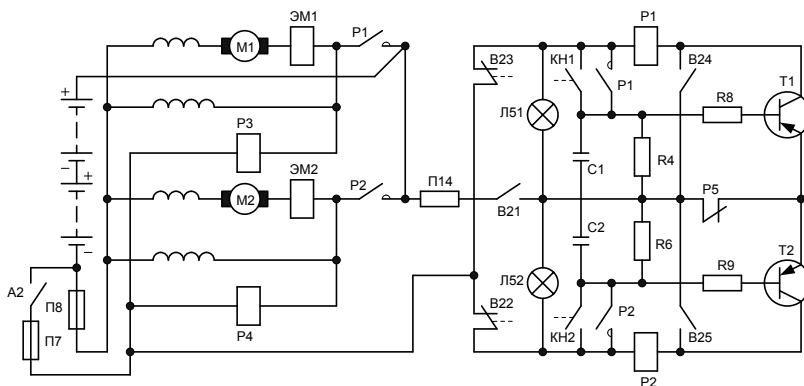


Рис. 9.1. Принципиальная электрическая схема штангоуловителя

Одновременно с включением контактора P1 (P2) подается напряжение на катушку электромагнита ЭМ1 (ЭМ2) и реле P3 (P4) успокоителя. Реле P3 (P4) получает питание через контакты контактора P1 (P2) в промежуток времени, пока штанга движется вниз. Для принудительного снятия токоприемников с контактных проводов служит выключатель В24 (В25), который выключает механизм штангоуловителя.

Порядок выполнения работы

1. По плакатам изучить состав низковольтных вспомогательных электрических цепей.
2. Изучить назначение и расположение на машинах элементов, входящих в состав низковольтных вспомогательных электрических цепей.
3. Вычертить электрическую схему вспомогательных низковольтных цепей троллейбуса.
4. Изучить работу штангоуловителя.

Содержание отчета

1. Чертеж электрической схемы вспомогательных низковольтных цепей троллейбуса.
2. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Состав вспомогательных низковольтных электрических цепей.
2. Назначение элементов, входящих в состав вспомогательных низковольтных электрических цепей.
3. Работа штангоуловителей и их принципиальная электрическая схема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корягина, Е.Е. Электрооборудование трамваев и троллейбусов: учебник для техникумов городского транспорта / Е.Е. Корягина, О.А. Коськин. – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.
2. Троллейбусы. Устройство и техническое обслуживание / Н.В. Богдан [и др.]; под ред. Н.В. Богдана. – Минск, 1997. – 256 с.
3. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов / Ю.П. Чижов. – М.: За рулем, 1999. – 384 с., ил.
4. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей: курс лекций: в 2 ч. – М.: Машиностроение, 2003. – Ч. 1. – 320 с., ил.
5. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей: курс лекций: в 2 ч. – М.: Машиностроение, 2003. – Ч. 2. – 320 с., ил.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	4
Лабораторная работа № 1 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ НА НАПРЯЖЕНИЕ 12 И 24 В	5
Лабораторная работа № 2 АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ	14
Лабораторная работа № 3 ГЕНЕРАТОРЫ. СТАТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	27
Лабораторная работа № 4 РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ	50
Лабораторная работа № 5 СПИДОМЕТРЫ. СТЕКЛООЧИСТИТЕЛИ. СТЕКЛООМЫВАТЕЛИ	62
Лабораторная работа № 6 СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ	74
Лабораторная работа № 7 СИСТЕМА ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ	95
Лабораторная работа № 8 ВЫКЛЮЧАТЕЛИ. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ. РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ	106
Лабораторная работа № 9 НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ	116
ЛИТЕРАТУРА	120

Учебное издание

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТА

Лабораторный практикум
для студентов специальности
1–37 01 05 «Городской электрический транспорт»

В 3 частях

Часть 1

НИЗКОВОЛЬТНОЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Составители:
ЖДАНОВИЧ Чеслав Иосифович
РАДЧЕНКО Павел Викторович

Редактор Т.Н. Микулик
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 11.01.2011.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 7,09. Уч.-изд. л. 5,54. Тираж 100. Заказ 603.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.