



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Автомобили»**

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
АВТОМОБИЛЕЙ**

*Лабораторный практикум*

**Минск  
БНТУ  
2012**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Автомобили»

# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум  
для студентов специальности  
1-37 01 02 «Автомобилестроение»

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 629.33.064.5(076.5)(075.8)

ББК 39.33.04я7

Э 46

**Р е ц е н з е н т ы :**

канд. техн. наук, доцент кафедры

«Техническая эксплуатация автомобилей» *А. С. Гурский*;

канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили» *Г. А. Дыко*

Э 46 Электрооборудование автомобиля : лабораторный практикум по дисциплине «Электрооборудование автомобиля» / сост. В.Я. Бабук. – Минск : БНТУ, 2012. – 80 с.  
ISBN 978-985-525-757-9.

Изложены методические указания к лабораторным работам по изучению устройства узлов энергообеспечения автомобиля и системы пуска, а также методам и средствам диагностирования аккумуляторов.

Практикум предназначен для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение» высших учебных заведений, будет полезным при проведении лабораторных и практических занятиях в колледжах и других средних специальных учебных заведениях автотранспортного профиля.

**УДК 629.33.064.5(076.5)(075.8)**

**ББК 39.33.04я7**

ISBN 978-985-525-757-9

© Белорусский национальный  
технический университет, 2012

## Лабораторная работа № 1

### УСТРОЙСТВО, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, УСТАНОВКА НА АВТОМОБИЛЯХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

**Цель работы:** изучить конструкцию, маркировку, технические характеристики, установку на автомобиле, неисправности стартерных аккумуляторных батарей.

#### Общие сведения

##### *Назначение и условия эксплуатации аккумуляторных батарей*

Стартерная аккумуляторная батарея (АБ) служит для питания электрической энергией стартера при пуске двигателя, а также электроснабжения других потребителей электроэнергии при неработающем двигателе и в случае, когда потребляемая мощность превышает мощность генератора. В последнем случае АБ работает параллельно с генератором. Основным потребителем энергии АБ является электростартер. Работа в стартерном режиме определяет тип и конструкцию аккумуляторных батарей и выделяет их в особый класс стартерных батарей.

Условия, в которых работает аккумуляторная батарея, зависят от типа, назначения и климатической зоны эксплуатации, а также от места установки батареи на транспортном средстве. На эксплуатационную надежность и срок службы АБ влияют температура окружающей среды, уровень вибрации и тряски, периодичность, объем и качество технического обслуживания, параметры стартерного разряда, сила токов и продолжительность разряда и заряда при циклировании, уровень надежности и исправности электрооборудования, продолжительность работы и перерывов в эксплуатации. Стартерные свинцовые АБ могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от  $-50$  до  $60$  °С. При этом рабочая температура электролита должна быть не выше  $50$  °С.

## *Технические требования*

При возможно меньших габаритах, массе и стоимости АБ должны обладать:

- большой электрической емкостью;
- малым внутренним сопротивлением и саморазрядом;
- обеспечивать отдачу большой силы тока (до 1,5–2 тыс. А) при малом падении напряжения;
- работоспособностью при температурах от –50 до 60 °С;
- большим сроком службы;
- прочностью и вибростойкостью;
- большим числом циклов «заряд-разряд»;
- безопасностью;
- малым временем заряда;
- восстанавливаемостью материалов;
- малыми затратами на техническое обслуживание.

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют свинцово-кислотные аккумуляторные батареи.

## *Принцип работы свинцового аккумулятора*

Свинцовые аккумуляторы являются химическими источниками тока, которые представляют собой совокупность реагентов окислителя, восстановителя и электролита. Восстановитель (отрицательный электрод) в процессе токообразующей реакции отдает электроны и окисляется, а окислитель (положительный электрод) восстанавливается. Электролитом является жидкое химическое соединение, обладающее ионной и малой электронной проводимостью.

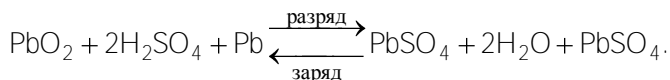
В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют двуокись свинца (диоксид свинца)  $PbO_2$  положительного электрода, губчатый свинец  $Pb$  отрицательного электрода и электролит (водный раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ ).

Активные вещества электродов представляют собой жесткую пористую электронно-проводящую массу с диаметром пор 1–2 мкм у  $PbO_2$  и 5–10 мкм у губчатого свинца. Объемная пористость активных веществ в заряженном состоянии – около 50 %. Часть серной кислоты в электролите диссоциирована на положительные ионы водо-

рода  $H^+$  и отрицательные ионы кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ . Губчатый свинец при разряде аккумулятора выделяет в электролит положительные ионы двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Избыточные ионы отрицательного электрода по внешнему участку замкнутой электрической цепи перемещаются к положительному электроду, где восстанавливают четырехвалентные ионы свинца  $Pb^{4+}$  до двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Положительные ионы свинца  $Pb^{2+}$  соединяются с отрицательными ионами кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ , образуя на обоих электродах сернокислый свинец  $PbSO_4$  (сульфат свинца).

При подключении аккумулятора к зарядному устройству электроны движутся к отрицательному электроду, нейтрализуя при этом двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$ . На электроде выделяется губчатый свинец  $Pb$ . Отдавая под влиянием напряжения внешнего источника тока по два электрона, двухвалентные электроны свинца  $Pb^{2+}$  у положительного электрода окисляются в четырехвалентные ионы  $Pb^{4+}$ . Через промежуточные реакции ионы  $Pb^{4+}$  соединяются с двумя ионами кислорода и образуют двуокись свинца  $PbO_2$ .

Химические реакции, протекающие в свинцово-кислотном аккумуляторе, описываются уравнением



Таким образом, при разряде аккумулятора расходуется серная кислота, образуется вода, а на обоих электродах – сульфат свинца. При заряде процессы происходят в обратном направлении. Расход кислоты при разряде вызывает падение плотности или концентрации электролита, что служит удобным и точным средством определения степени заряженности аккумулятора. Расход кислоты у положительных электродов больше, чем у отрицательных, в 1,6 раза. Это учитывается в конструкции батарей.

Кроме рассмотренной реакции в АБ происходит электролиз воды и связанное с ним газовыделение кислорода и водорода. Газы на электродах выделяются главным образом при заряде и незначительно в процессе разряда и хранения батареи. Выделение кислорода происходит на положительном электроде, а водорода – на отрицательном. На напряжение начала газовыделения значительное влия-

ние оказывают примеси, содержащиеся в активной массе, а также в решетке электродов. Они понижают напряжение начала газовой выделенной и увеличивают его интенсивность, что приводит к снижению уровня электролита в АБ из-за «выкипания».

## Устройство аккумуляторных батарей

Батарея, в зависимости от требуемого напряжения, содержит три, шесть или двенадцать последовательно соединенных аккумуляторов.

По конструкции АБ делят на три группы:

- 1) обслуживаемые;
- 2) малообслуживаемые;
- 3) необслуживаемые.

Обслуживаемые АБ (рис. 1.1, *a*) с целью определения уровня и плотности электролита сверху имеют отверстия, закрытые пробками для доступа к каждому аккумулятору.

В пробках имеются отверстия для прохода газов, выделяющихся при зарядке батарей, и уравнивания давления в аккумуляторе при изменении температуры. У малообслуживаемых батарей в верхней крышке также имеются отверстия, закрытые пробками, но они расположены под общей пластиной, ограничивающей доступ к пробкам и отводящей выделяющиеся газы в одну из сторон батареи. Необслуживаемые АБ не имеют отверстий в верхней крышке, она изготовлена заодно с моноблоком и для выравнивания давления внутри моноблока и отвода выделяющихся газов сбоку имеет два отверстия малого диаметра.

Независимо от вида АБ состоит из корпуса (моноблока), разделенного перегородками на ячейки по числу аккумуляторов в батарее. Корпуса современных АБ изготавливают из эбонита, полиэтилена, полипропилена или термопластика. В каждой ячейке располагается аккумулятор, состоящий из блока положительных и отрицательных электродов (пластин). Между электродами различной полярности установлены сепараторы из непроводящего ток микропористого материала.

На дне ячеек обслуживаемых батарей выполнены ребра, служащие опорой для блоков электродов. При этом электроды разной полярности опираются на различные ребра. Это устраняет возможность появления токопроводящих цепей по выпадающей из пластин в процессе эксплуатации батарей активной массе (шламу), которая накапливается в пространстве между ребрами.

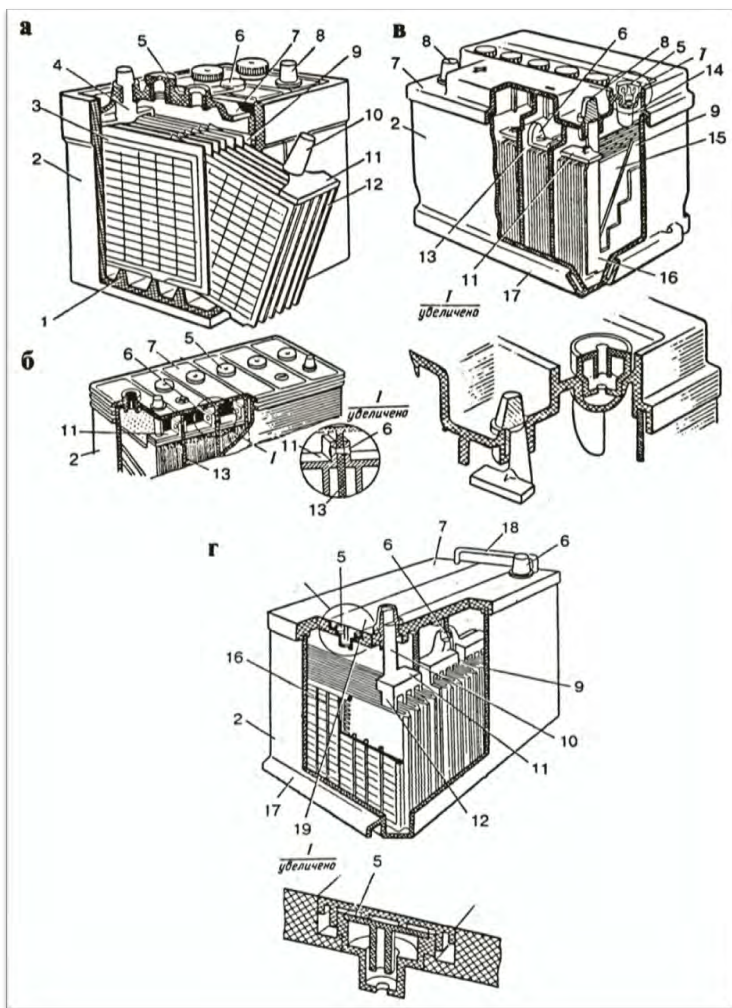


Рис. 1.1. Аккумуляторные батареи:

*а* – в моноблоке с ячеечными и межэлементными перемычками над крышками;

*б, в, г* – с межэлементными перемычками через перегородки;

*1* – опорные призмы моноблока; *2* – моноблок; *3* – полублок отрицательных электродов; *4* – баретка; *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



Решетки пластин обслуживаемых батарей отливают из сплава, содержащего 92–94 % свинца, 6–7 % сурьмы и 0,2–0,3 % мышьяка. Добавка в свинец сурьмы и мышьяка повышает литейные свойства, механическую прочность и коррозионную стойкость решеток. Решетка состоит из рамки, горизонтальных и вертикальных (наклонных) жилок, ушка (вверху) и двух утолщений на рамке внизу (ножки). Последние служат для опоры рамки на ребра корпуса. Решетка, являясь проводником тока, должна иметь минимальное сопротивление, поэтому изготавливают с большим поперечным сечением. Жилки удерживают активную массу и отводят ток меньшей величины, поэтому их сечение значительно меньше. Ушко служит для соединения одноименных пластин в блоки и, имея большое сечение, располагается ближе к середине пластины для сокращения расстояния от наиболее удаленной части пластины, что позволяет увеличить ток, отдаваемый пластиной при стартерном разряде. Толщина решеток положительных пластин больше, чем отрицательных, из-за снижения прочности в результате окисления при эксплуатации.

В решетку запрессовывается активная масса, состоящая из свинцового порошка, расширителей и раствора серной кислоты для отрицательных пластин и свинцового сурика  $Pb_3O_4$ , свинцового порошка, свинцового глета  $PbO$ , расширителей и раствора серной кислоты – для положительных пластин.

Добавка расширителей (до 3 %) в активную массу позволяет увеличить ее пористость, а следовательно, и площадь соприкосновения с электролитом. В качестве расширителей используют сернокислый барий, гуминовую кислоту, обработанный торф и др. При формировании пластин расширители вымываются из активной массы, образуя пористую структуру. Это позволяет в сотни раз увеличить активную поверхность пластины (поверхность, соприкасающуюся с электролитом).

Перед сборкой аккумулятора одноименные пластины собирают в блоки, приваривая их ушки к бареткам. Для соединения аккумуляторов в батарее баретки имеют выводные штыри, которые приваривают к перемычкам (межэлементным соединениям). Между разноименными пластинами в аккумуляторе устанавливают сепараторы. Их изготавливают из кислотостойких материалов, имеющих микропористую структуру со сложной конфигурацией пор, это препятствует прорастанию через поры дендритов, ускоряющих саморазряд ба-

тарей. Материалом для сепараторов служат микропористая пластмасса (мипласт), микропористый эбонит (мипор), полиэтилен, стекловолокно с шелком-сырцом. Для свободного доступа электролита к активной массе положительных пластин одна сторона сепаратора изготавливается ребристой, а вторая с небольшими выступами. Ребристую сторону сепаратора направляют к положительной пластине, это обеспечивает лучший доступ электролита в поры активной массы положительных пластин и ускорение циркуляции электролита в них, снижая внутреннее сопротивление аккумулятора и увеличивая отдаваемый при разряде ток. В аккумуляторе число отрицательных пластин на одну больше, чем положительных. Это объясняется тем, что в процессе заряда-разряда положительные пластины испытывают большее коробление, чем отрицательные, из-за изменения объема их активной массы при превращении  $PbO_2$  в  $PbSO_4$ .

Сверху пластин в обслуживаемых аккумуляторах устанавливают перфорированный предохранительный щиток из кислотостойкого материала для защиты кромок сепараторов от механических повреждений при измерении плотности, температуры и уровня электролита.

Крайние выводы АБ имеют форму усеченного конуса разного диаметра. Диаметр положительного вывода больше, чем отрицательного. Полярность вывода наносится на крышку рядом с ним или на сам полюсный вывод. Это исключает неправильное подключение батареи к электрической цепи автомобиля.

Сверху аккумуляторы закрываются отдельными крышками (см. рис. 1.1, *а*) или одной общей (рис. 1.1, *б*, *в*). Независимо от конструкции для доступа к каждому аккумулятору имеется заливное отверстие, закрываемое резьбовой пробкой с вентиляционным отверстием малого диаметра. Герметизация отдельных крышек с корпусом моноблока производится специальной пластинкой.

Соединение аккумуляторов в батарею производят последовательно посредством перемычек, которые могут располагаться над крышками или под ними. В последнем случае соединение производится через перегородки моноблока (см. рис. 1.1, *б*, *в*, *г*).

Малообслуживаемые батареи отличаются от обслуживаемых конструкцией моноблока, материалом решеток пластин и сепаратором. Моноблок выполняют из полипропилена, полиэтилена, термопласта или пластмассы. На дне отсутствуют опорные ребра, что

увеличивает пространство для размещения пластин, позволяя увеличить их размер и сократить объем электролита. Положительные пластины помещены в сепаратор-конверт, изготовленный из полиэтилена, толщина которого значительно меньше толщины обычного сепаратора. Это позволяет увеличить число пластин в аккумуляторе, тем самым увеличив емкость батареи. Соединение аккумуляторов в батарею производится через отверстия в перегородках моноблока, этим снижается расход свинца на переключки и уменьшается внутреннее сопротивление батареи. Применение моноблока из пластмасс позволяет снизить массу батареи за счет уменьшения толщины стенок и крышки. Последняя соединяется с моноблоком методом контактной тепловой сварки, обеспечивая надежную герметичность при температурах от  $-50$  до  $70$  °С. Для изготовления решеток используется малосурьмянистый сплав свинца с содержанием сурьмы в два-три раза меньшим, чем в обслуживаемых батареях. Это уменьшает электролиз воды в электролите, увеличивая периодичность ее проверки до 1,5 месяцев или 25 тыс. км пробега. Прозрачные корпуса позволяют контролировать уровень электролита по меткам, нанесенным на корпус моноблока.

Необслуживаемые батареи появились благодаря применению материала решеток, в котором сурьма отсутствует полностью или содержится в малом количестве (до 2 %). Для сохранения необходимых технологических и эксплуатационных свойств малосурьмянистых сплавов в них добавляют медь (0,02–0,05 %), серу и селен (до 0,01 %). В некоторых батареях решетки изготавливают из сплава свинца и кальция или применяют гибридную технологию, при которой положительные пластины изготавливают из малосурьмянистых сплавов, а отрицательные – из кальциевых. Положительные пластины помещают в сепаратор-конверт. Периодичность проверки уровня электролита таких аккумуляторов увеличилась до 25 месяцев или 40 тыс. км пробега.

Перспективной конструкцией необслуживаемых АБ являются батареи со спиральными элементами, изготовленные по технологии Spirall Cell (рис. 1.2). В них свинцовые пластины не упрочняются сурьмой, изготовлены очень тонкими, а прочность обеспечивается скруткой пластин в плотные рулоны. Между пластинами располагаются сепараторы, изготовленные из стекловолна и шелка-сырца. Малая толщина сепараторов, большая пористость и длительный

срок службы при плотной скрутке позволили получить АБ с хорошими эксплуатационными свойствами. Благодаря малой толщине пластин и сепараторов значительно увеличивается площадь соприкосновения активной массы с электролитом, обеспечивая малое внутреннее сопротивление АБ, большой разрядный ток и быструю зарядку при минимальных размерах моноблока. Отсутствие не связанного с пластинами и сепараторами электролита устранило возможность размораживания батареи при низких температурах и вытекания его из поврежденного моноблока. Минимальное выделение газов при зарядке позволило изготовить батарею необслуживаемой, а сообщение внутреннего объема с атмосферой происходит через предохранительный клапан. Плотная установка аккумуляторов в моноблоке позволила получить чрезвычайную стойкость батареи к вибрациям и ударам.



Рис. 1.2. Аккумуляторная батарея OPTIMA-850 с рулонными элементами

Независимо от конструкции все свинцово-кислотные АБ залиты электролитом, который заполняет свободные объемы ячеек и проникает в поры активной массы пластин и сепараторов. Электролит готовится из серной кислоты и дистиллированной воды. От химической чистоты электролита зависят характеристики и срок службы АБ.

Плотность электролита в батарее зависит от климатических районов эксплуатации аккумуляторов и находится в диапазоне 1,24–1,30 г/см<sup>3</sup>. За рубежом применяют батареи с герметизированным объемом каждого аккумулятора (непроливаемые). Эти батареи относят к классу необслуживаемых с предохранительными клапанами

VRLA (Valve Regulated Lead Acid Battery). Пробки в каждом аккумуляторе не выворачиваются, а образующиеся при перезаряде водород и кислород, как правило, ячейки не покидают, а реагируют между собой с образованием воды. Перезаряд под повышенным (более 14,4 В) напряжением сопровождается выходом газов через предохранительные клапаны, понижением уровня электролита и в дальнейшем появлении неисправности АБ.

Для предотвращения вытекания электролита из аккумуляторов используют батареи, в электролит которых добавлены кремниевая и фосфорная кислота. Первая превращает электролит в гель, вторая существенно повышает циклическую стойкость батарей (количество возможных циклов разряда и заряда) и способность к восстановлению после глубокого разряда. Недостатками этих батарей являются худшие пусковые свойства при низких температурах, высокая стоимость, непереносимость повышенных температур и связанная с нею непригодность к установке в подкапотном пространстве.

Другой разновидностью батарей с невытекающим электролитом являются батареи типа AGM (Absorbent–Glass–Mat–Battery). В этих батареях сепараторы выполнены в виде стекломатов – микропористого нетканого материала из переплетающихся между собой ультратонких волокон. Они хорошо впитывают и удерживают электролит. Количество электролита в батарее определяется способностью активной массы пластин и стекломатов впитывать и удерживать в батарее электролит. Недостатки этих АБ аналогичны ранее рассмотренным. Оба вида батарей не имеют индикатора заряда и требуют точного поддержания напряжения подзарядки (не более 14,4 В).

### **Маркировка аккумуляторных батарей**

В соответствии с ГОСТ 18620–86 «Изделия электротехнические. Маркировка» на батарее на одной из сторон должна быть нанесена маркировка, содержащая:

- товарный знак и наименование предприятия-изготовителя;
- условное обозначение батареи;
- знаки полярности: плюс «+» и минус «-» ;
- дату изготовления (месяц, год);

- обозначение нормативного документа на батарею конкретного типа;

- номинальную емкость в ампер-часах;
- номинальное напряжение в вольтах;
- ток холодной прокрутки в амперах;
- массу батареи (если она 10 кг и более);

Условное обозначение состоит из букв и цифр. Первая цифра показывает число последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (3,6 или 12), характеризующих ее номинальное напряжение (6,12 и 24 В соответственно). Затем следуют буквы, указывающие на назначение батарей по функциональному признаку (СТ – стартерная). Далее следуют цифры номинальной емкости батареи в ампер-часах. При необходимости за цифрами следуют буквы, показывающие исполнение: А – с общей крышкой, З – залитая электролитом и полностью заряженная, отсутствие последней указывает на то, что батарея сухозаряженная, герметически закрытая. Слово «необслуживаемая» применяется для батарей, не требующих доливки дистиллированной воды в процессе эксплуатации. У зарубежных батарей эта надпись проставляется на английском или немецком языке (Maintenance Free – Wartungsfrei). Пример условного обозначения батарей, состоящих из шести аккумуляторов номинальным напряжением 12 В, стартерных, номинальной емкостью 55 А·ч, с общей крышкой, сухозаряженных: 6СТ-55А.

То же для залитых электролитом, необслуживаемых: 6СТ-55А3 необслуживаемый.

Условное обозначение АБ, применяемое большинством европейских производителей, представляет собой пятизначный код по стандарту DIN 43539 «Германия», например 56019, или девятизначный код по международному стандарту ETN, например 560059042. В структуре кодов как по стандарту DIN, так и по стандарту ETN значение первых трех цифр одинаково: они показывают номинальную емкость и напряжение АБ. Для шестивольтовых АБ первые три цифры (от 0,01 до 499) представляют собой номинальную емкость в ампер-часах. Для двенадцативольтовых АБ номинальную емкость получают вычитая 500 из трехзначного числа (от 501 до 799). Последние две цифры, так же как и вторая тройка цифр в обозначении по стандарту ETN, указывают на конструктивное исполнение, раз-

меры и тип полосных выводов, конструкцию крепежных элементов, тип газоотвода, тип крышки, наличие ручек, вибропрочность и т. д. Число из последних трех цифр в обозначении по стандарту ETN составляет 0,1 / (где / – сила тока холодной прокрутки коленчатого вала по стандарту EN60095-1 – стандарт Евросоюза). Например, для АБ 560059042 (ETN) сила тока холодной прокрутки

$$I = 42 \cdot 10 = 420 \text{ А.}$$

Американские производители формируют условное обозначение в соответствии с требованиями стандарта SAEJ537 (США). Обозначение состоит из номера типоразмерной группы и силы тока холодной прокрутки при  $-18^\circ\text{C}$ . Например, АБ типа А24410 относится к типоразмерной группе 24 ( $260 \times 173 \times 225$  мм, длина  $\times$  ширина  $\times$  высота), а ее сила тока холодной прокрутки по стандарту SAE равна 410 А при  $-18^\circ\text{C}$ .

Условное обозначение АБ итальянских и корейских производителей включает цифры и буквы. Первые цифры обозначают емкость АБ в ампер-часах, буквы – схему соединения аккумуляторов в батарее и вид полюсных выводов, последние цифры – сила тока холодной прокрутки по стандарту DIN. Например, АБ типа 50RE250 имеет емкость 50 А·ч, схема соединения 7, рис. 1.3, вид вывода европейский (Е) (7, рис. 1.4), ток холодной прокрутки 250 А·ч.

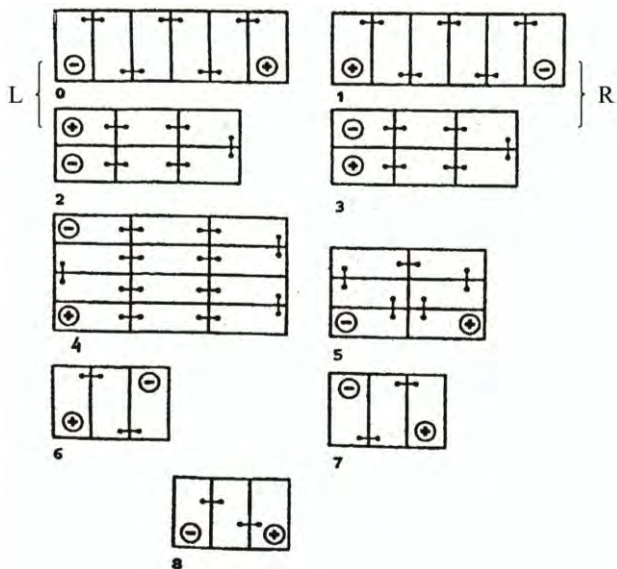


Рис. 1.3. Схемы соединения аккумуляторов в АБ

Возможные варианты схем соединения аккумуляторов в батарее представлены на рис. 1.3, а виды выводов батарей – на рис. 1.4.



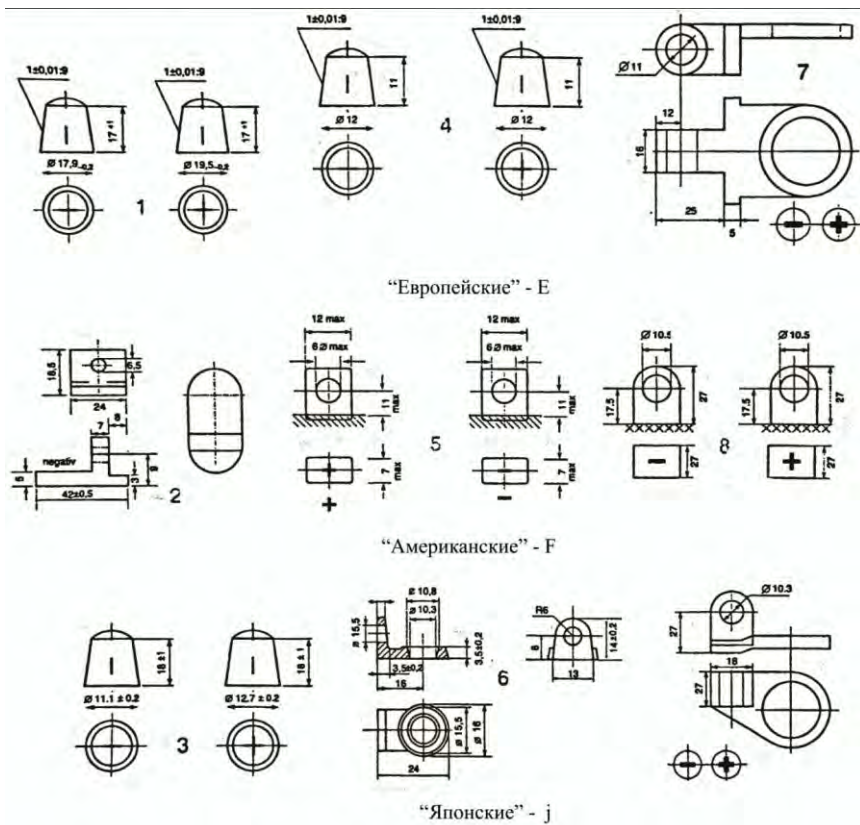


Рис. 1.4. Виды и размеры выводов

### Основные параметры АБ

*Электродвижущая сила* (ЭДС)  $E$  аккумулятора представляет собой разность потенциалов между положительными и отрицательными электродами. ЭДС, когда не требуется большой точности, измеряют вольтметром с большим внутренним сопротивлением. На величину ЭДС влияют плотность электролита и незначительно – его температура. Зависимость ЭДС от плотности электролита в диапазоне плотности  $1,05\text{--}1,30\text{ г/см}^3$  имеет вид

$$E = 0,84 \cdot c_{15},$$

где  $c_{15}$  – плотность электролита, приведенная к температуре 15 °С, г/см<sup>3</sup>.

ЭДС не зависит от количества активных веществ в аккумуляторе и от размеров пластин. ЭДС батареи  $E_B$  увеличивается пропорционально числу последовательно включенных аккумуляторов:

$$E_B = m \cdot E,$$

где  $m$  – число аккумуляторов в батарее.

**Напряжение аккумулятора** отличается от его ЭДС на величину падения напряжения во внутренней цепи при прохождении разрядного или зарядного тока. Напряжение при разряде  $U_p$  и заряде  $U_3$  определяется из выражений

$$U_p = E - I_p \cdot r = E - E_n - I_p \cdot r_0,$$

$$U_3 = E + I_3 \cdot r = E + E_3 + I_3 \cdot r_0,$$

где  $I_p$  и  $I_3$  – сила токов соответственно при разряде и заряде;

$E_n$  – ЭДС поляризации;

$r$  – полное внутреннее сопротивление;

$r_0$  – омическое сопротивление аккумулятора.

ЭДС поляризации зависит от силы разрядного тока и температуры электролита и обусловлена разностью плотности электролита внутри активной массы пластин и снаружи, в процессе заряда-разряда. Разность плотности электролита зависит от температуры электролита и размера пор в активной массе. Последние уменьшаются в результате роста кристаллов  $PbSO_4$  на поверхности активной массы при разряде и увеличиваются в процессе заряда АБ из-за уменьшения размеров кристаллов  $PbSO_4$ , т. к. удельный объем  $PbSO_4$  больше, чем  $PbO_2$  и  $Pb$ .

**Внутреннее сопротивление аккумулятора** проявляется при прохождении по аккумулятору разрядного или зарядного тока и складывается из омического сопротивления токопроводящих элементов аккумулятора  $r_0$  (решеток, активной массы, сопротивления электро-

лита, сепараторов, баретки с борнами, перемычек, полюсных выводов) и сопротивления поляризации  $r_{\text{п}}$ . Таким образом,

$$r = r_0 + r_{\text{п}}$$

Проходящий через аккумулятор электрический ток при разряде или заряде вызывает неодинаковое изменение плотности электролита по всему объему. Наиболее значительно она изменяется в зоне контакта с активной массой пластин. При разряде плотность электролита у пластин уменьшается значительно, чем в остальном объеме. Это уменьшает ЭДС аккумулятора на величину, соответствующую плотности электролита у пластин  $E_{\text{п}}$  поляризации. При заряде процессы противоположны, поэтому ЭДС аккумулятора увеличивается на  $E_{\text{п}}$ , т. к. граничная с пластинами ЭДС имеет свое сопротивление току  $r_{\text{п}}$ :

$$E_{\text{п}} = r_{\text{п}} \cdot I$$

Сопротивление поляризации уменьшается с увеличением силы тока и возрастает с понижением температуры электролита.

Сопротивление электролита примерно равно половине внутреннего сопротивления аккумулятора и увеличивается с понижением температуры и плотности электролита.

Удельное сопротивление активной массы положительных пластин во много раз больше, чем отрицательных. Следовательно, при разряде и заряде током большой силы положительная пластина будет нагреваться больше (коробиться), чем отрицательная. При разряде активная масса превращается в плохо проводящий сульфат свинца. Поэтому сопротивление пластин при разряде возрастает, а при заряде – уменьшается. Омическое сопротивление решеток пластин толщиной 1,5–2 мм находится в пределах 1,8–2,3 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательной пластины составляет 62–70 % сопротивления решеток, а положительной – 92–98 %. В процессе разряда на пластинах откладывается сульфат свинца с удельным сопротивлением  $1 \cdot 10^7$  Ом·см и сопротивление пластин приближается к сопротивлению решеток. Сопротивление заряженных АБ составляет от нескольких тысячных до нескольких сотых долей ома.

**Емкость аккумуляторной батареи** – это количество электричества, отдаваемое батареей в пределах допустимого снижения напряжения. Емкость измеряется в ампер-часах (А·ч). При постоянной силе тока разряда емкость определяется из выражения

$$C_p = I_p \cdot t_p,$$

где  $t_p$  – время разряда.

**Номинальная емкость**  $C_{20}$  – это указываемая изготовителем емкость, определяемая в режиме 20-часового разряда током, равным  $0,05C_{20}$ , до напряжения на выводах 10,5 В. Емкость зависит от количества заложенных в аккумуляторе активных веществ и степени их использования. Полное использование заложенных в батарее активных веществ невозможно, т. к. резкое снижение плотности электролита в порах и резкое снижение напряжения до допустимой величины (10,5 В) происходит раньше, чем израсходуются внутренние слои активных веществ пластин и серная кислота электролита в моноблоке. Емкость уменьшается с увеличением силы разрядного тока и понижением температуры электролита. Это объясняется ускоренным ростом кристаллов сульфата свинца на поверхности пластин, который изолирует активную массу внутри пластин от контакта с электролитом и снижает скорость поступления серной кислоты в поры активной массы. При понижении температуры увеличивается вязкость электролита и, как следствие, снижается скорость диффузии электролита внутрь активной массы. При понижении температуры электролита на 1 °С емкость аккумулятора понижается на 1%. При эксплуатации зимой неутепленную АБ, разряженную на 25 % при температуре от –15 до –20 °С, на автомобиле зарядить полностью невозможно.

**Сила тока стартерного разряда** (ток холодной прокрутки) характеризует стартерные свойства АБ. Величина тока стартерного разряда определяется при разряде АБ в условиях температуры –18 °С и различается в зависимости от стандарта страны изготовителя. По ГОСТ 959–2002 «Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные для автотракторной техники. Общие технические условия» и европейскому стандарту EN 60095-1 при указанной силе тока на АБ, напряжение на 10-й секунде разряда должно быть не менее 7,5 В. По

стандарту Германии DIN 43539 напряжение на 30-й секунде разряда должно быть не менее 9,0 В. Для пересчета силы тока стартерного разряда по вышеуказанным стандартам используется выражение

$$I_{EN} = 1,7 \cdot I \cdot \text{DIN}.$$

По стандарту SAE j 537 (США) указанная величина силы тока должна быть на 30-й секунде разряда при напряжении на выводах не менее 7,2 В. Величина тока стартерного разряда определяется конструкцией батареи, пластин, сепараторов. Сепараторы-конверты без каких-либо других дополнений увеличивают напряжение батареи на 0,3 В, улучшая стартовые характеристики.

В последние годы на многих АБ указывается параметр времени в минутах, это резервная емкость – время, в течение которого батарея может обеспечивать работу потребителей при неработающем генераторе. Определяют этот параметр разряжая батарею током 25 А при температуре  $25 \pm 2$  °С до напряжения  $10,5 \pm 0,05$  В, фиксируя время в минутах. Величина резервной емкости проставляется изготовителями батарей после значения тока стартерного разряда.

### **Неисправности аккумуляторных батарей**

**Повреждение полюсных выводов** АБ и наконечников стартерных проводов происходит при попадании на них электролита, отсутствии смазки и неплотном креплении наконечников проводов. При этом повышается сопротивление в цепи всех потребителей, особенно стартера. Расшатывание или излом полюсных наконечников происходят при установке проводов с натягом, при неосторожной затяжке хомутов или при снятии их с наконечников.

**Трещины моноблока, мастики и крышек аккумуляторов**, а также неплотное прилегание пробок заливочных отверстий являются причинами появления электролита на поверхности крышек и понижения уровня электролита в аккумуляторах. Электролит на поверхности моноблока, замыкая полюсные выводы, ускоряет саморазряд аккумуляторной батареи. Снижение уровня электролита приводит к соприкосновению заряженных пластин с воздухом, в результате чего губчатый свинец отрицательных пластин переходит в

гидроокись свинца  $Pb(OH)_2$ , вызывая нежелательное уплотнение активной массы. Кроме этого, на оголенной поверхности пластин происходит образование крупных труднорастворимых кристаллов сернистого свинца, уменьшающих размеры пор на поверхности активной массы. Все это приводит к затруднению доступа электролита в глубокие слои активной массы, снижая емкость и уменьшая пусковой ток АБ.

**Повышенный саморазряд** (АБ, отключенная от внешней цепи, самопроизвольно разряжается). Саморазряд бывает нормальный и повышенный. Нормальный саморазряд – явление естественное и неизбежное в отличие от повышенного саморазряда. Согласно ГОСТ 959–2002 величина нормального саморазряда после бездействия в течение 14 суток при температуре окружающей среды  $20 \pm 5$  °С не должна превышать 10 %, а после 28 суток – 20 % емкости. Саморазряд, превышающий значения, допустимые ГОСТ 959–2002, называют повышенным.

Повышенный саморазряд происходит по следующим причинам:  
наружная поверхность АБ грязная и смочена электролитом;  
применение дистиллированной воды или электролита, содержащих растворимые и нерастворимые примеси;  
замыкание электродов разной полярности осыпающейся активной массой;  
разрушение сепараторов.

Для нейтрализации электролита на поверхности АБ следует менять ветошь, смоченную в 10 %-м водном растворе кальцинированной соды или 10 %-м водном растворе нашатырного спирта. После нейтрализации поверхность АБ протирается насухо. При нейтрализации необходимо следить, чтобы водные растворы соды или нашатырного спирта не попали в электролит.

Для приготовления электролита следует применять только химически чистую (аккумуляторную) серную кислоту, отвечающую требованиям ГОСТ 667–73 «Кислота серная аккумуляторная. Технические условия», и чистую дистиллированную воду по ГОСТ 6709–72 «Вода дистиллированная. Технические условия».

**Сульфатация электродов** представляет собой образование крупных труднорастворимых кристаллов сернистого свинца (сульфата) на поверхности пластин и на стенках активной массы. Кристаллы сульфата закупоривают поры активной массы положительных и

отрицательных пластин, что препятствует проникновению электролита вглубь пластин. В результате не вся активная масса будет участвовать в работе, что снижает емкость аккумулятора и величину тока при стартерном разряде. Засульфатированные электроды приобретают светлую окраску с образованием белых пятен сульфата. Сульфатация электродов ускоряется при длительном хранении АБ без подзарядки, а также при повышенной плотности электролита, соприкосновении электродов с воздухом при пониженном уровне электролита и при попадании посторонних примесей в электролит. Засульфатированная АБ быстро разряжается, особенно при включении стартера.

При зарядке засульфатированной АБ быстро повышается температура электролита и начинается бурное газовыделение, а плотность электролита повышается незначительно, поскольку часть серной кислоты остается связанной в сульфате.

***Преждевременное разрушение электродов.*** Во время эксплуатации АБ происходит окисление решеток и разрушение (деструкция) активной массы, особенно положительных пластин. Разрушение активной массы происходит по ряду причин: непрочное крепление АБ на автомобиле, перезаряд АБ, замерзание электролита, понижение уровня электролита ниже верхних торцов пластин, короткое замыкание АБ, неумелый пуск двигателя стартером и др. Короткое замыкание АБ, а также частое и длительное включение стартера способствуют короблению пластин, что ускоряет высыпание активной массы. Чтобы избежать этого, необходимо включать стартер на 5 секунд с перерывами между включениями на 15–20 секунд.

Разрушение электродов ускоряется при повышении плотности и температуры электролита. При длительном заряде батареи происходит электролиз воды на кислород и водород. Кислород окисляет решетки положительных пластин, что вызывает коррозию. Это явление вызывает деформацию токоотводов и увеличение их размеров. Причинами являются разбухание активной массы и образование на поверхности решетки окисной пленки  $PbO_2$  вследствие коррозии металла. Объем пленки  $PbO_2$  значительно больше объема металлического свинца, из которого она образовалась. Одновременно в порах активной массы пластин накапливается большое количество кислорода и водорода. Давление газов в порах увеличивается, что вызывает разрыхление и выкрашивание активной массы. Харак-

терным признаком перезаряда является сильное газовыделение из электролита. Во избежание перезаряда АБ требуется периодически проверять напряжение генератора.

Характерным признаком разрушения электродов является небольшая продолжительность разряда АБ и быстрое нарастание плотности электролита при зарядке, электролит становится мутным и приобретает коричневую окраску.

**Короткое замыкание электродов** происходит при разрушении сепараторов или выпадении активной массы из решеток пластин и скапливании шлама на дне моноблока. Короткозамкнутый аккумулятор быстро разряжается, а его электроды сульфатируются. Плотность электролита в таком аккумуляторе снижается до минимума. Применение сепаратора-конверта в необслуживаемых АБ полностью исключает короткие замыкания между разноименными пластинами.

**Повышенная или пониженная плотность электролита.** При повышении плотности электролита выше номинальной ускоряется разрушение активной массы и электродов, а также сульфатация активной массы, что снижает емкость АБ. В случае понижения плотности электролита увеличивается внутреннее сопротивление АБ и снижается ее емкость. В результате уменьшается сила тока в цепи работающего стартера, что затрудняет пуск двигателя, особенно в зимнее время.

### **Размещение и крепление аккумуляторных батарей на автомобилях**

Размещение батареи на автомобиле должно быть таким, чтобы защитить ее от загрязнения, механических повреждений при установке и снятии, при движении автомобиля. Доступ к аккумуляторной батарее для осмотра и технического обслуживания должен быть свободным, чтобы проводить необходимые при эксплуатации мероприятия по техническому обслуживанию (проверка уровня и плотности электролита, измерение его температуры, оценка технического состояния с помощью нагрузочной вилки, отсоединение, зачистка и закрепление стартерных проводов) без снятия аккумуляторной батареи с места установки.

Размещение АБ на автомобиле должно обеспечивать поддержание такого ее теплового состояния, которое необходимо для надеж-



ного пуска двигателя и подзаряда батареи от генераторной установки в процессе эксплуатации автомобиля при низких температурах. Максимальная температура электролита не должна превышать 50 °С. Поэтому при подкапотной установке батареи она должна быть защищена от воздействия теплоты, выделяемой двигателем, и охлаждаться воздухом при движении автомобиля. На автомобилях, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур, возможна установка батарей в контейнерах, обогреваемых отработавшими газами или теплым воздухом с температурой не более 60 °С. Для облегчения условий эксплуатации зимой необходимо предусмотреть возможность утепления батареи в местах ее установки с помощью теплоизолирующих прокладок толщиной 15–25 мм из кислотоустойчивых материалов (стекловолокна, пенопласта и т. д.).

При установке в кабине батарея должна находиться в отдельном отсеке или контейнере с вентиляцией, которые исключали бы попадание паров кислоты в кабину и скопление газов под крышкой контейнера во взрывоопасных концентрациях. Не допускается окисление расположенных рядом с батареей деталей автомобиля и крепление батарей парами или брызгами электролита.

Для уменьшения длины стартерного провода и падения напряжения в нем батарея размещается ближе к стартеру. Массовый провод крепится к двигателю, раме или корпусу стартера. Не допускается крепление провода, присоединяемого к массе, к тонкостенной части кузова (кабины) или крылу автомобиля, толщина которых менее 1,2 мм. Для грузовых автомобилей с дизельными двигателями рекомендуется оба провода от АБ соединять со стартером: один – с положительным выводом стартера, второй – с корпусом стартера. Это уменьшит падение напряжения в стартерной цепи, которое не должно превышать 0,2 В на 100 А в бензиновых двигателях, 0,12 В (даже 0,08 В) на 100 А силы тока в дизельных двигателях.

Крепление аккумуляторной батареи должно предохранять ее от вибрации, тряски и перемещения по опорной площадке при движении автомобиля. Посадочные места для крепления АБ должны иметь амортизаторы или амортизационные прокладки. Методы крепления АБ в местах установки могут быть различными. АБ в корпусах из эбонита и асфальтопечковой массы могут крепиться на опорной площадке таким образом, чтобы рамка находилась сверху, планка крепилась за верхнее ребро батареи. Батареи из пластиче-

ских материалов крепятся за выступы в нижней части моноблока с помощью прижимной планки и крепежных болтов. Прижимная планка должна плотно прилегать к крепежному выступу моноблока и заходить в фиксирующие выемки на нем. Крепление с упором в боковые стенки моноблока недопустимо. Расположение и размеры элементов крепления батарей с общей крышкой за основание моноблока показаны на рис. 1.5.

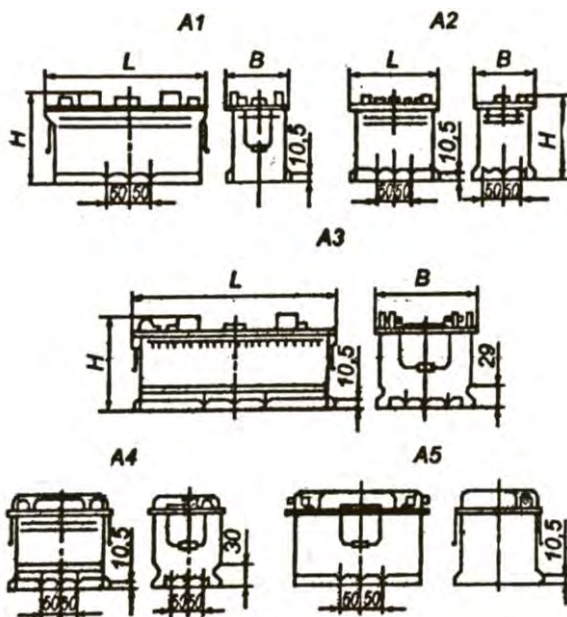


Рис. 1.5. Расположение и размеры элементов крепления батареи за основание моноблока из пластических материалов

На некоторых автомобилях, из-за большого числа комплектующих автомобиль потребителей электрической энергии и повышенных требований к холодному пуску двигателя, электроснабжение обеспечивается от двух АБ.

При работе двигателя обе батареи подключаются параллельно и заряжаются от генератора. При остановке двигателя дополнительная батарея отключается от основной посредством разделительного реле. Одна батарея служит исключительно для пуска двигателя, а

другая обслуживает остальных потребителей электроэнергии. Если АБ располагается в средней части кузова или в багажнике автомобиля и соединяется со стартером длинным кабелем, то при его повреждении во время аварии возможно возникновение пожара. Поэтому при срабатывании подушки безопасности производится отключение кабеля идущего к стартеру от положительного вывода батареи, посредством отстрела наконечника безопасной клеммы, установленной на АБ. Случайное возобновление соединения наконечника кабеля с выводом батареи предотвращается уловителем с двумя захватами (рис. 1.6).

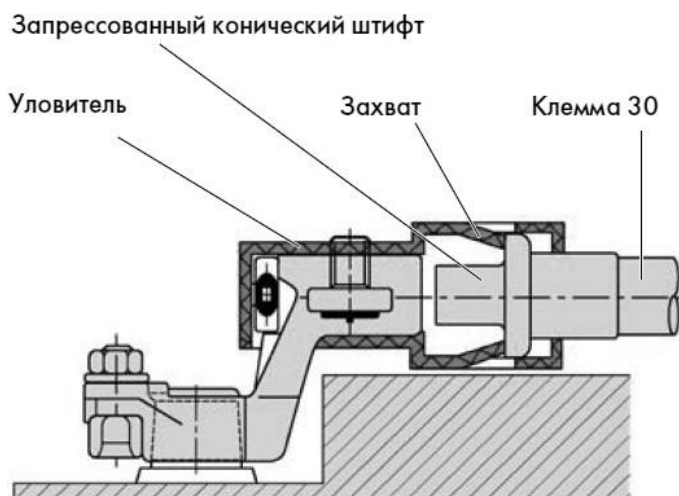


Рис. 1.6. Безопасная клемма в разомкнутом состоянии

### Оборудование рабочего места

1. Аккумуляторные батареи с выполненными разрезами, обеспечивающими доступность в осмотре всех деталей;
2. Аккумуляторные батареи различных типов, неисправные.

**Внимание!** При работе с аккумуляторными батареями необходимо соблюдать меры предосторожности. Соприкосновение с пропитанными или смоченными электролитом деталями оголенных

участков рук может вызвать ожоги, одежды – ее разрушение. При попадании на кожу электролита необходимо немедленно промыть этот участок водой, а затем протереть 10 %-м раствором двууглекислой соды. После окончания работы руки помыть с мылом.

### **Содержание отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- технические требования к АБ;
- уравнение химической реакции, протекающей в АБ в процессе заряда-разряда;
- маркировка АБ, производимых в СНГ;
- неисправности АБ.

### **Контрольные вопросы**

1. Как устроена кислотная аккумуляторная батарея?
2. Из каких деталей состоит аккумулятор?
3. Какая химическая реакция происходит на пластинах при разряде и заряде?
4. Что происходит с электролитом при разряде и заряде АБ?
5. Какие материалы используются при изготовлении решеток пластин?
6. Виды и материал сепараторов в АБ.
7. Какие требования предъявляются к стартерным АБ?
8. Что включает маркировка АБ?
9. Из чего состоит условное обозначение батарей по ГОСТ 959–2002, DIN43539, ETN, SAE j 537, итальянских производителей АБ?
10. В чем различие АБ по расположению и виду полюсных наконечников?
11. Что включают основные параметры АБ?
12. Какие неисправности имеют АБ, каковы причины их возникновения и способы устранения?
13. Какие необходимо соблюдать требования по размещению и креплению АБ на автомобиле?

## Лабораторная работа №2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

**Цель работы:** ознакомиться с методом определения технического состояния и способами зарядки аккумуляторных батарей (АБ), получить практические навыки по их обслуживанию и хранению.

#### Теоретическая часть

##### *Хранение аккумуляторных батарей*

До приведения в рабочее состояние перед установкой на автомобиль стартерные АБ могут находиться на длительном хранении. Максимальный срок хранения сухозаряженных свинцовых батарей не должен превышать трех лет. При этом должна быть обеспечена полная герметичность батареи. Температура в помещении для хранения должна быть не ниже  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и не выше  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  для батарей с отдельными крышками; для батарей с пластмассовыми моноблоками и общими крышками допускается хранение при температурах не ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Хранение малообслуживаемых и необслуживаемых батарей, которые выпускаются залитыми электролитом, должно проходить при температурах не выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Срок хранения батарей с электролитом при отрицательной температуре – до полутора лет, при комнатной температуре срок хранения уменьшается до девяти месяцев. Минимальная температура хранения составляет  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Допустимая отрицательная температура хранения АБ зависит от плотности электролита. Чем больше плотность электролита, тем ниже температура его замерзания. При плотности электролита  $\rho_{15} = 1,31\text{ г/см}^3$  температура замерзания ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при  $\rho_{15} = 1,27\text{ г/см}^3$  – ниже  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при  $\rho_{15} = 1,11\text{ г/см}^3$  температура замерзания  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Из-за малого саморазряда необслуживаемые батареи можно хранить без подзаряда в течение одного года, при этом емкость снизится не более чем на 50 % от номинальной.

При хранении обслуживаемых батарей, бывших в эксплуатации, необходимо ежемесячно проверять плотность электролита и при ее

снижении на  $0,04 \text{ г/см}^3$  по сравнению с первоначальной плотностью электролита в момент постановки батареи на хранение производить подзарядку.

Плотность электролита измеряют денсиметром 2 (рис. 2.1), размещенном в стеклянной пипетке 1, или плотномером 3. При измерении плотности полость пипетки или плотномера заполняется электролитом из аккумулятора с помощью резиновой груши. Плотность электролита отсчитывают по делению шкалы денсиметра, которое устанавливается на уровне поверхности электролита. Цена деления шкалы денсиметра  $0,01 \text{ г/см}^3$ . Денсиметр не должен касаться стенок пипетки.

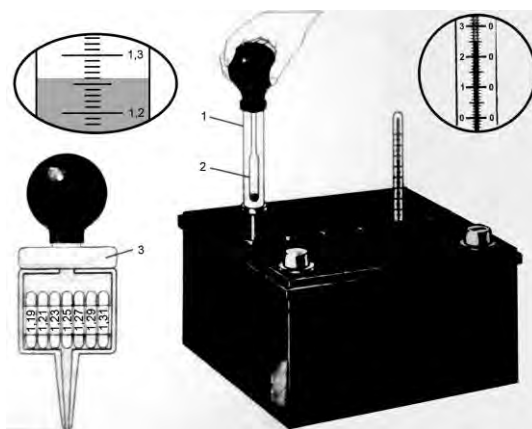


Рис. 2.1. Измерение плотности электролита

При использовании плотномера плотность определяют по последнему из всплывших поплавков. Чтобы учесть температурную поправку, одновременно с измерением плотности измеряют температуру электролита. Для приведения плотности к температуре  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  используют формулу

$$\rho_{25} = \rho_{\varphi} - 0,0007 \cdot (T - 25^\circ), \quad (2.1)$$

где  $\rho_{25}$  – плотность электролита при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 $\rho_{\varphi}$  – замеренная плотность электролита;  
 $T$  – температура электролита при измерении плотности.

Ориентировочно состояние заряженности батареи можно определить из условия, что при изменении на  $0,01 \text{ г/см}^3$  плотности электролита происходит изменение степени заряженности примерно на 6 %.

### ***Подготовка аккумуляторных батарей к эксплуатации***

Обслуживаемые АБ в сухозаряженном исполнении выпускаются с залитым электролитом или без него и заряженные. При поставке сухозаряженных батарей без электролита их перед зарядкой необходимо залить электролитом, плотность которого на  $0,02 \text{ г/см}^3$  меньше, чем требуемая для данной климатической зоны. Для заливки используют приобретенный электролит для аккумуляторных батарей или готовят его самостоятельно. Для приготовления электролита необходимо иметь термостойкую кислотостойкую емкость, аккумуляторную серную кислоту, дистиллированную воду и эбонитовый стержень для перемешивания раствора. В емкость заливают воду, а затем, тонкой струей, кислоту. При смешивании воды с кислотой раствор быстро нагревается. После перемешивания раствора контролируют его плотность и остуживают до температуры не выше  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Перед заливкой электролита отворачивают пробки заливочных отверстий и удаляют элементы, герметизирующие вентиляционные отверстия.

Уровень электролита контролируют: по меткам на корпусе моноблока (при их наличии), до достижения нижнего торца тубуса горловины заливочного отверстия крышки или на  $10\text{--}15 \text{ мм}$  выше предохранительного щитка, лежащего сверху пластин (рис. 2.2), используя стеклянную трубку диаметром  $3\text{--}5 \text{ мм}$  и длиной  $100\text{--}120 \text{ мм}$ . Трубку опускают в заливочное отверстие до упора в предохранительный щиток (см. рис. 2.2). Затем верхний конец трубки закрывают пальцем и вынимают ее из аккумулятора. Высота столбика электролита в трубке соответствует уровню электролита в аккумуляторе над предохранительным щитком.

После пропитки пластин (в течение двух часов) производят замер плотности электролита. Если плотность электролита снижается не более чем на  $0,02 \text{ г/см}^3$ , то батарея готова к эксплуатации. В противном случае батарею необходимо подзарядить.

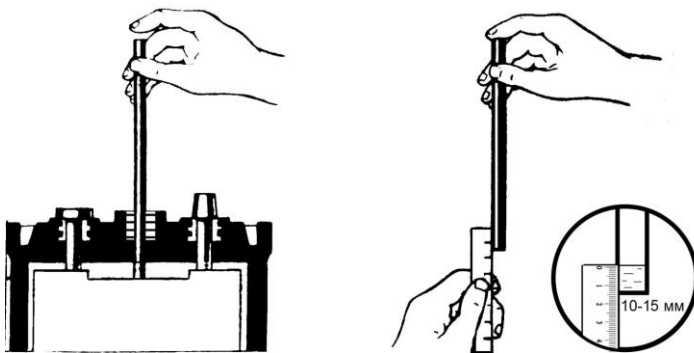


Рис. 2.2. Измерение уровня электролита

Если к эксплуатации готовят ранее эксплуатировавшуюся и находившуюся на хранении батарею, то производят замер плотности электролита. Если плотность ниже плотности, измеренной при постановке батареи на хранение, на  $0,02 \text{ г/см}^3$  и более, батарею ставят на подзарядку.

Если батарея имеет индикатор заряженности, то при смене цвета индикатора с зеленого на черный необходима подзарядка батареи. При отсутствии индикатора на необслуживаемой батарее необходимость подзарядки определяют диагностированием АБ с помощью тестера аккумуляторных батарей или с помощью аккумуляторных пробников Э-107 (а) и Э-108 (рис. 2.3, а, б). Пробником Э-107 проверяют работоспособность 12-вольтовых батарей с межэлементными перемычками под крышкой. При проверке батареи щуп 5 (см. рис. 2.3, а) подключается к отрицательному выводу, а контактная ножка 4 – к положительному выводу батареи. Батарея исправна, если напряжение под нагрузкой в конце пятой секунды будет больше 8,9 В. Нагрузочные резисторы пробника Э-107 соединены со щупом постоянно, а с контактной ножкой соединение осуществляется с помощью гайки 3. Щуп 5 прикреплен к корпусу пробника с помощью гибкого изолированного провода.

Аккумуляторный пробник Э-108 (см. рис. 2.3, б) используют для батарей с межэлементными перемычками над крышкой. Пробник Э-108 унифицирован с пробником Э-107. Э-108 имеет три нагрузочных резистора из нихрома, две контактные гайки и вольтметр с двухсторонней шкалой, что не требует соблюдения полярности при



измерениях. Включение различных резисторов позволяет проверять отдельные аккумуляторные батареи емкостью 45–105, 105–150 и 150–190 А·ч. Для измерения напряжения под нагрузкой включают нагрузочное сопротивление, соответствующее емкости проверяемой батареи.

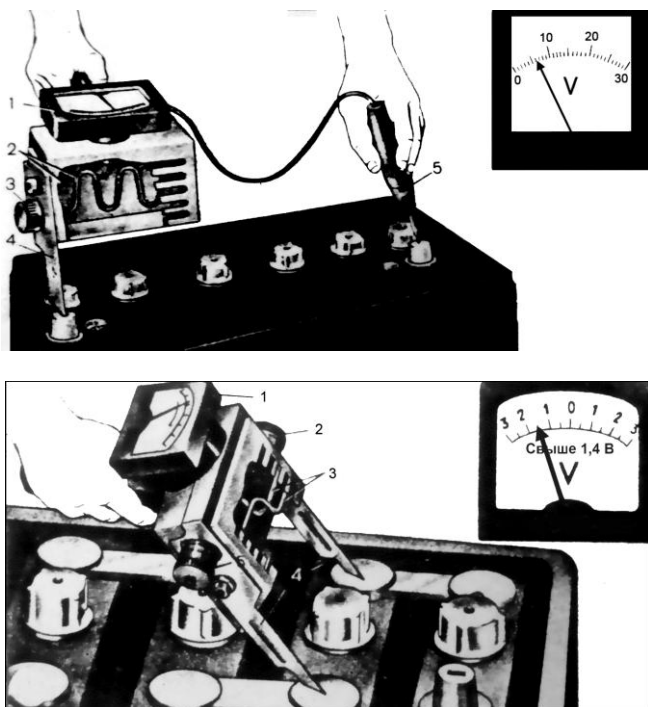


Рис. 2.3. Измерение напряжения:  
*а* –аккумуляторной батареи под нагрузкой пробником Э-107;  
*б* –аккумулятора под нагрузкой пробником Э-108

При измерении напряжения острия контактных ножек плотно прижимаются к выводам проверяемого аккумулятора, чтобы контактные ножки прокололи свинцовую окисную пленку на поверхности выводов и обеспечивали надежный электрический контакт. Чтобы избежать перегрева нагрузочных резисторов, время подключения нагрузки не должно быть больше 5 с. Если напряжение исправного и заряженного аккумулятора отличается от напряжения других

аккумуляторов на 0,1 В или падает ниже 1,4 В, батарею требуется зарядить в стационарных условиях или отремонтировать. При отключенных резисторах (если отвернуть обе гайки) отключается нагрузка и вольтметрами пробников измеряют ЭДС аккумуляторов или батареи (пробник Э-107). Проверку аккумулятора (батареи) пробниками необходимо проводить при закрытых пробках, чтобы предупредить возможность вспышки выделяющихся из аккумуляторов газов.

При проверке необслуживаемых АБ тестером VAS 5097A прибор выдает рекомендации по использованию батареи. Проверка батарей емкостью 80–379 А·ч проводится током нагрузки 250 А, емкостью 380–520 А·ч – током 500 А. На выходе прибора указывается стартовая мощность в виде: очень хорошая – хорошая – достаточная – плохая – очень плохая. При рекомендации «достаточная» необходима постановка АБ на подзарядку. При значениях «плохая» и «очень плохая» требуется замена АБ, дальнейшая эксплуатация не рекомендуется.

### *Зарядка аккумуляторных батарей*

Аккумуляторные батареи заряжают от источника постоянного тока при условии, что его выходное напряжение больше напряжения заряжаемой батареи. Зарядка может происходить при постоянной величине зарядного тока  $I_3 = \text{const}$ , или при постоянном значении напряжения источника электроэнергии  $U_3 = \text{const}$ , или при комбинированном способе, когда ток и напряжение изменяются в заданных пределах. Первый способ применяют при формировании пластин, а также на зарядных станциях. Второй способ зарядки (при  $U_3 = \text{const}$ ) широко применяется при зарядке АБ на транспортных средствах. Третий способ применяется на зарядных станциях и ограниченно – на транспорте.

Идеальной зарядкой свинцово-кислотных АБ принято считать такую, при которой величина зарядного тока уменьшается по мере зарядки настолько, чтобы зарядка проходила без газыделения. В этом случае повышается срок службы батарей, уменьшается их нагрев при зарядке, повышается КПД зарядного устройства. Такую идеальную зарядку возможно получить, если ток будет изменяться по экспоненте. Она выражена «законом ампер-часов»:

$$I_3 = Q \cdot e^{-t}$$

где  $I_3$  – зарядный ток, А;

$Q$  – количество ампер-часов, отданных аккумуляторной батареей к началу зарядки;

$e$  – основание натуральных логарифмов;

$t$  – время зарядки, ч.

Для полной зарядки АБ по закону ампер-часов, включая и перезарядку (15 % емкости), требуется 4 ч. Экспериментально доказано, что перезарядки снижают срок службы АБ, а недозарядки, т. е. пребывание АБ с 90 %-м зарядом, не увеличивают вредной сульфатации и не снижают срока службы. Зарядка по закону ампер-часов, несмотря на высокие показатели, не получила применения вследствие сложности регулирования.

**Зарядка при постоянном напряжении** обеспечивает результаты, достаточно близкие полученным по ранее описанному способу, значительно упрощая сам процесс зарядки. При зарядке от источника с постоянным напряжением величина зарядного тока автоматически изменяется, достигая больших значений в начале зарядки, а затем резко снижаясь. Уравнение зарядного тока

$$I_3 = \frac{U_3 - E_a}{R_a},$$

где  $U_3$  – напряжение зарядного устройства, В;

$E_a$  – ЭДС аккумуляторной батареи, В;

$R_a$  – сопротивление аккумуляторной батареи, Ом.

Необходимо учитывать, что темп зарядки зависит от напряжения источника. Чем оно выше, тем темп быстрее. При постоянстве зарядного напряжения на зажимах АБ характер изменения зарядного тока объясняется следующим. В начале зарядки ЭДС АБ понижена вследствие понижения плотности электролита и ток достигает наибольших значений. По мере зарядки повышается ЭДС АБ, повышается ЭДС поляризации, в связи с чем увеличивается полное сопротивление АБ. Это является причиной быстрого снижения зарядного тока.

Напряжение на клеммах заряжаемой батареи должно равняться

$$U_3 \approx (2,35 - 2,4)m, \text{ В},$$

где  $m$  – число аккумуляторов в батарее.

Так как в начале зарядки сила тока  $I_3$  будет достигать большой величины, то в течение 4–5 ч батарея зарядится на 90–95 % своей емкости.

Основные достоинства заряда батарей при постоянном напряжении:

- по мере заряда батарей сила тока постепенно уменьшается почти до нуля, что улучшает преобразование  $\text{PbSO}_4$  в  $\text{PbO}_2$  и  $\text{Pb}$  в глубоких слоях активной массы пластин и не вызывает перезаряда батареи;
- вследствие автоматического снижения силы зарядного тока отпадает необходимость в регулировочных реостатах;
- газообразование в конце заряда будет очень малым, что предупреждает разрушение активной массы пластин и коррозию решеток положительных пластин;
- на заряд можно включать батареи различной емкости. Зарядная сила тока при этом устанавливается автоматически – большая сила для батарей с большой емкостью (ввиду меньшего внутреннего сопротивления батареи) и для сильно разряженных (вследствие меньшей ЭДС батарей);
- короткое время заряда.

Основной недостаток этого метода заряда заключается в том, что нельзя регулировать силу зарядного тока для каждой из включенных батарей, поэтому невозможно одновременно проводить заряд батарей необходимой силой тока и исправлять сульфатацию пластин аккумуляторов. Этот метод заряда аккумуляторных батарей широко применяется на автомобилях.

**Зарядка при постоянной величине зарядного тока.** Оптимальная величина тока заряда

$$I_3 = 0,1C_{20}.$$

В каждую ветвь цепи может быть включено последовательно не более определенного числа ( $n_a$ ) аккумуляторов, определяемого из соотношения

$$\eta_a = \frac{U_3}{2,7},$$

где  $U_3$  – выходное напряжение зарядного устройства, В;

2,7 – постоянная, соответствующая ЭДС полностью заряженного аккумулятора, В.

Все батареи в ветви независимо от их номинального напряжения включаются последовательно. Для заряда батарей целесообразно собирать каждую ветвь зарядной цепи из батарей одинаковой емкости и степени разряда.

Напряжение сети может быть намного больше ЭДС всех включенных в ветвь аккумуляторов, а сопротивление аккумуляторов незначительно, поэтому сила зарядного тока  $I_3$  может оказаться чрезмерно большой. По мере заряда аккумуляторных батарей повышается их ЭДС, что вызывает уменьшение силы тока. Для поддержания необходимой величины силы тока в начале и в процессе всего заряда в каждую ветвь включается регулировочный реостат, величина сопротивления которого определяется по формуле

$$R = \frac{U_3 - 2n}{I_3},$$

где  $U_3$  – выходное напряжение зарядного устройства, В;

2 – расчетное напряжение на один аккумулятор;

$n$  – число последовательно включенных аккумуляторов в цепи заряда;

$I_3$  – сила зарядного тока.

В случае последовательного включения в одну ветвь аккумуляторных батарей с разной емкостью необходимую величину силы зарядного тока устанавливают по батарее наименьшей емкости.

При повышении температуры электролита до 45 °С необходимо прервать заряд для охлаждения электролита до 30–35 °С.

В случае форсированного заряда батарей силой тока более  $0,1C_{\text{ном}}$  в момент начала газообразования, когда напряжение на зажимах одного аккумулятора достигнет 2,4 В, во избежание разрушения активной массы пластин газами силу зарядного тока необхо-

димо уменьшить до  $0,05 C_{\text{ном}}$  и закончить заряд при этой силе тока. Основное достоинство заряда батарей при постоянной силе тока заключается в том, что имеется возможность регулировать и контролировать силу тока в процессе всего заряда, что особенно важно при устранении сульфатации пластин аккумуляторов.

Основными недостатками этого метода являются:

- продолжительность времени заряда батарей;
- необходимость регулирования силы тока в процессе всего заряда батарей;
- потеря энергии в реостатах.

Зарядка батарей ведется до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение во всех аккумуляторах батареи, а напряжение и плотность остаются постоянными в течение трех часов (замеры производятся каждый час). Напряжение контролируется вольтметром со шкалой на 30 В с ценой деления 0,2 В.

В конце зарядки, если плотность электролита будет отличаться от нормы, необходимо:

в случае если плотность выше нормы, долить дистиллированной воды;

в случае если плотность электролита ниже нормы, долить электролит плотностью  $1,40 \text{ г/см}^3$ .

Плотность электролита в отдельных аккумуляторах не должна отличаться более чем на  $0,01 \text{ г/см}^3$ . После корректировки плотности электролита необходимо продолжить зарядку в течение 30 мин до полного перемешивания электролита, затем отключить батарею и через 30 мин произвести замер уровня электролита во всех аккумуляторах. Нормального уровня добиваются доливкой электролита той же плотности или отсосом электролита резиновой грушей.

Когда необслуживаемая аккумуляторная батарея повторно заряжается с помощью неавтомобильного зарядного устройства, то напряжение зарядки никогда не должно превышать 2,3–2,4 В на аккумулятор.

## Выполнение работы

Работа включает определение ЭДС аккумулятора, проверку уровня и плотности электролита, определение степени заряженности аккумуляторов (батареи).

## Оборудование рабочего места

Для выполнения работы используются:

- аккумуляторные батареи;
- пробники Э-107 и Э-108;
- термометр со шкалой от 0 до 70 °С;
- денсиметр со шкалой плотности в диапазоне 1,10–1,32;
- трубка стеклянная;
- 10 %-й раствор двууглекислой соды.

## Порядок выполнения работы

Работа выполняется в следующей последовательности:

- 1) подготавливается журнал наблюдений по форме (табл. 2.1);
- 2) определяются тип, условное обозначение и технические характеристики исследуемой батареи (номинальное напряжение, емкость, ток холодного пуска);
- 3) исследуется состояние аккумуляторной батареи;
- 4) делается заключение о дальнейшей эксплуатации батареи.

Таблица 2.1

### Журнал замеров

Тип батареи и условное обозначение	Номер аккумулятора	Плотность электролита, г/см <sup>3</sup>	Температура электролита, °С	Уровень электролита, мм	Плотность электролита, приведенная к 25 °С, г/см <sup>3</sup>	ЭДС аккумулятора, В	Напряжение под нагрузкой, В	Степень разряженности аккумулятора, %	Степень разряженности батареи, %

Для исследования состояния аккумуляторной батареи с помощью измерительных приборов, полученных у преподавателя, ведущего занятия, замеряются:

если аккумуляторная батарея обслуживаемая или малообслуживаемая – уровень, плотность, температура электролита, ЭДС и напряжение под нагрузкой каждого аккумулятора;

если батарея необслуживаемая – ЭДС и напряжение под нагрузкой аккумуляторной батареи.

Полученные значения внести в журнал наблюдений.

Привести плотность электролита к температуре 25 °С, используя формулу (2.1), см. теоретическую часть. Используя полученные значения приведенной к 25 °С плотности электролита рассчитать степень разряженности аккумуляторов по формуле

$$\Delta P = (c_3 - c_{25}) / (c_3 - c_{\text{раз}}) \cdot 100 \%,$$

где  $\Delta P_p$  – степень разряженности исследуемого аккумулятора;

$\rho_3$  – плотность электролита заряженного аккумулятора;

$\rho_{\text{раз}} = 1,15$  – плотность электролита разряженного аккумулятора.

Независимо от типа АБ степень разряженности можно определить по величине напряжения под нагрузкой, замеренной с помощью пробников Э-107 или Э-108, используя табл. 2.2.

По полученным данным делается вывод о пригодности к эксплуатации и необходимости подзарядки АБ.

Для обслуживаемых батарей, у которых замеры производились в каждом аккумуляторе, заключение делается по аккумулятору, имеющему наименьшее значение степени заряженности.

Таблица 2.2

Зависимость степени разряженности аккумулятора (батареи)  
от напряжения под нагрузкой

Показатель	Степень разряженности				
	Заряжена на 100 %	Разряжена			
		25 %	50 %	75 %	100 %
Напряжение под нагрузкой в конце 5-й секунды, В					
аккумулятора	1,9–1,72	1,7–1,62	1,6–1,52	1,5–1,42	1,4–1,3
батареи	11,4–10,3	10,2–9,7	9,6–9,1	9,0–8,5	8,4–7,8



## Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- способы зарядки аккумуляторных батарей;
- перечень использованных приборов;
- журнал замеров;
- расчет степени заряженности для одного из аккумуляторов;
- заключение о состоянии аккумуляторной батареи.

## Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества и недостатки зарядки аккумуляторных батарей:
  - при постоянном напряжении;
  - при постоянной силе тока;
  - по закону «ампер-часов»?
2. Какие приборы и оборудование используются при определении состояния аккумуляторной батареи?
3. Как определяется величина тока зарядки при зарядке с постоянной величиной зарядного тока?
4. Что происходит при перезарядке аккумулятора?
5. Какие признаки характеризуют окончание зарядки батареи?
6. Какие параметры контролируют в процессе зарядки?
7. Как проверяется степень заряженности АБ?
8. Какие требования техники безопасности следует соблюдать при проверке состояния и зарядке АБ?

## Лабораторная работа №3

### УСТРОЙСТВО И УСТАНОВКА НА АВТОМОБИЛЕ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

**Цель работы:** изучить конструкции генераторных установок, работу, технические характеристики, подбор, установку на двигателе и подсоединение в электрическую цепь автомобиля.

#### Общие сведения

##### *Назначение и маркировка генераторных установок*

Генераторная установка является источником постоянного тока на автомобиле при работающем двигателе. Энергия, вырабатываемая генератором, расходуется на снабжение потребителей и зарядку аккумуляторной батареи.

В состав генераторной установки входят генератор, регулятор напряжения и выпрямитель. Регулятор напряжения предназначен для сохранения постоянства выходного напряжения при переменной скорости вращения ротора. Преобразование механической энергии в электрическую возможно только с получением переменного напряжения. Выпрямитель преобразует переменное напряжение, вырабатываемое генератором, в постоянное.

Обозначение элементов современной генераторной установки производится следующим образом:

xxxx.3701 – генератор;

xxxx.3702 – регулятор напряжения.

Перед точкой в обозначении ставятся соответствующие цифры:

первые две цифры обозначают порядковый номер модели;

третья – модификацию изделия;

четвертая – исполнение (1 – для холодного климата, 2 – общеклиматическое исполнение, 3 – для умеренного и тропического климата, 6 – экспортное исполнение, 7 – тропическое исполнение, 8 – экспортное исполнение для стран с холодным климатом, 9 – экспортное общеклиматическое исполнение).

Цифры до точки, кроме первых двух, могут опускаться. Иногда модификация указывается цифрами через дефис в конце обозначения (например 121.3702-01).

## ***Требования, предъявляемые к генераторной установке***

Генераторная установка должна:

- обеспечивать электроэнергией все включенные потребители и зарядку аккумуляторной батареи;
- поддерживать постоянное напряжение в бортовой сети независимо от частоты вращения ротора и нагрузки на генератор;
- обеспечивать выход генератора на номинальное напряжение при минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- не создавать радиопомех, нарушающих нормальную работу радио -и телеаппаратуры;
- сохранять работоспособность после погружения в воду;
- иметь минимальные габариты и массу при требуемой мощности;
- длительно сохранять работоспособность в условиях высокой запыленности, влажности и повышенной температуры рабочей среды.

## **Принцип работы генератора переменного тока**

Преобразование в генераторе механической энергии в электрическую происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Когда изменяющийся магнитный поток пронизывает катушку с изолированными друг от друга витками токопроводящего материала, на выводах катушки возникает ЭДС, пропорциональная произведению числа витков, величины и скорости изменения магнитного потока.

Возможны два варианта изменения магнитного потока в катушках статора генераторов:

по величине и направлению, что характерно для щеточной конструкции генератора с клювообразным ротором, индукторного двухполюсного с клювообразным ротором (Bosch) и индукторного с ротором в виде звездочки со встроенными постоянными магнитами; только по величине, что характерно для индукторного генератора с ротором в виде звездочки без встроенных постоянных магнитов.

Основными узлами генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, являются магнитная система с обмоткой возбуждения 4 (рис. 3.1) и стальными участками магнитопровода 1, по которым протекает магнитный поток  $\Phi$ , и обмотка 2 статора, в которой индуцируется ЭДС при изменении

магнитного потока. Магнитный поток создается обмоткой 4 возбуждения при протекании по ней электрического тока и системой полюсов.

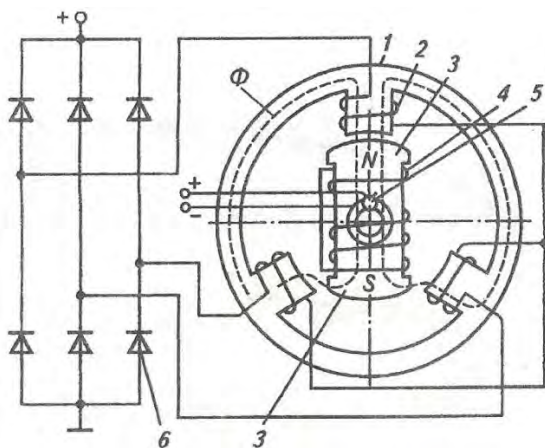


Рис. 3.1 Вентильный синхронный генератор:  
1 – магнитопривод; 2 – обмотка статора; 3 – полюс ротора;  
4 – обмотка возбуждения; 5 – щетки; 6 – выпрямитель

Вал с закрепленными на нем полюсами (индукторный) и обмотка возбуждения с контактными кольцами образуют вращающийся ротор. Обмотка 2, в которой вырабатывается электрический ток, размещена на неподвижном магнитоприводе 1 и вместе с ним представляет собой статор.

При вращении ротора напротив полюсов статора с расположенными на них обмотками фаз оказываются то северный N, то южный S полюсы ротора. Магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий обмотки статора, изменяется по величине и направлению, что и приводит к появлению в обмотках переменной ЭДС. Обмотка каждой фазы может иметь несколько катушек, соединенных последовательно, параллельно и смешанно. Фазовые обмотки статора соединяют в многолучевую звезду или многоугольник.

В трехфазном генераторе имеются три группы катушек, расположенные на соседних зубцах статора таким образом, что наводимые в них ЭДС смещены на  $120^\circ$ .

При соединении фаз в звезду концы всех фаз соединяют в общей нулевой точке, которую изолируют в генераторе или выводят отдельным нулевым проводом.

При построении фаз в треугольник конец первой фазы соединяют с началом второй, конец второй фазы – с началом третьей, а конец третьей фазы – с началом первой. К точкам соединения фаз подключают линейные провода, подводящие напряжение к выпрямителю.

Построения фаз в звезду и треугольник отличаются соотношениями линейных  $U_L$  и фазных  $U_\phi$  напряжений, значениями сил линейного  $I_L$  и фазного  $I_\phi$  тока:

при соединении фаз в звезду

$$I_\phi = I_L \text{ и } U_L = \sqrt{3} U_\phi;$$

при соединении в треугольник

$$U_L = U_\phi \text{ и } I_L = \sqrt{3} I_\phi.$$

Приведенные соотношения справедливы для действующих значений синусоидально изменяющихся переменных напряжений и силы тока.

Начала фаз соединяют с выпрямителем  $\delta$ , выпрямляющим тот переменный ток, который к нему подводится, т. е. линейные величины.

### **Конструкции генераторов**

Наибольшее распространение на автомобилях получили генераторы переменного тока с контактными кольцами. Одна из конструкций представлена на рис. 3.2.

Генератор состоит из статора, ротора (индуктора), крышек 1 и 19, выпрямительного блока 2, щеткодержателя с интегральным регулятором 12 напряжения, шкива с вентилятором.

Крышки отлиты из алюминиевого сплава и с двух сторон плотно прижимаются к статору при помощи четырех шпилек. Для точной установки статора и крышек последние имеют буртик, расточенный по наружной поверхности, центрирующий статор при сборке. В центре крышек расточены отверстия под установку подшипников вала ротора. В задней крышке отверстие глухое, в передней – сквозное.

Посадка шариковых подшипников переднего 18 – скользящая по валу и в крышке, заднего 6 – на вал 8, плотная, а в гнездо крышки – скользящая. Посадочное место в крышке имеет канавку, в которой размещено резиновое кольцо, препятствующее проворачиванию наружной обоймы подшипника, перегреву подшипника, выработке гнезда и выходу подшипникового узла из строя.

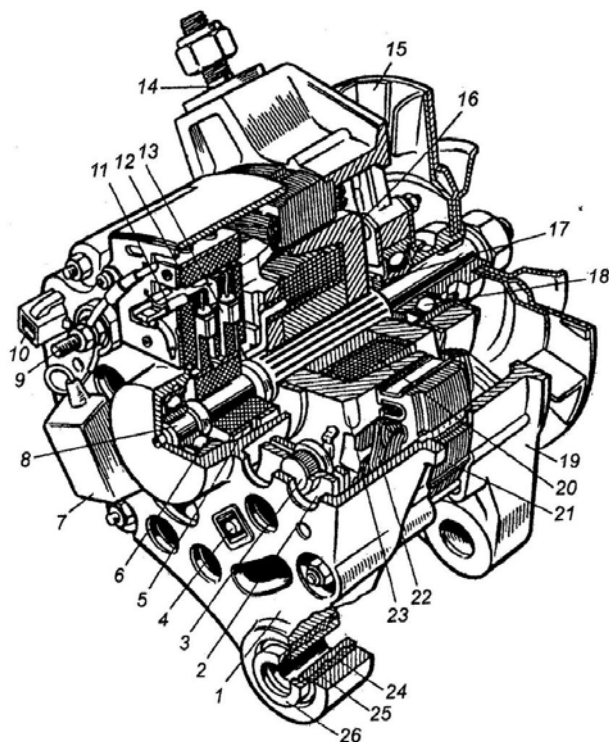


Рис. 3.2. Генератор 37.3701 автомобилей ВАЗ-2109, - 2110:

1, 19 – крышки; 2 – выпрямительный блок; 3 – вентиль выпрямительного блока; 4 – винт крепления выпрямительного блока; 5 – контактное кольцо; 6 – задний шарикоподшипник; 7 – конденсатор; 8 – вал ротора; 9 – вывод «30» генератора; 10 – вывод «61» генератора; 11 – вывод «В» регулятора напряжения; 12 – регулятор напряжения; 13 – щетка; 14 – шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15 – шкив с вентилятором; 16 – полюсный наконечник ротора; 17 – дистанционная втулка; 18 – передний шарикоподшипник; 19 – крышка со стороны привода; 20 – обмотка ротора; 21 – статор; 22 – обмотка статора; 23 – полюсный наконечник ротора; 24 – буферная втулка; 25 – втулка; 26 – поджимная втулка

Подшипник вместе с валом в гнезде крышки может перемещаться в осевом направлении. В передней крышке наружная обойма подшипника строго зафиксирована в осевом направлении. Шарикоподшипники – закрытого типа с двухсторонним резиновым уплотнением и одноразовой закладкой смазочного материала. Крышки имеют вентиляционные отверстия. В передней крышке 19 есть два резьбовых отверстия для съема крышки с вала, ушко для крепления генератора на двигателе и стальная шпилька 14. Шпилька предназначена для закрепления планки натяжения приводного ремня. На задней крышке также имеется ушко для крепления генератора, внутри которого установлена втулка 25.

Пакет статора (магнитопровода) 21 набран из стальных листов толщиной 1 мм для уменьшения нагрева от вихревых токов. Листы в четырех местах сварены между собой по наружной поверхности в монолитную конструкцию. На внутренней поверхности пакета статора равномерно по окружности расположено 36 пазов трапециевидальной формы. В пазы уложена обмотка 22 статора. Катушки обмотки изолированы от стенок паза полиэтилентерефталатной пленкой или пленкоэлектрокартоном. Статор имеет обмотку трехфазную, каждая фаза которой состоит из трех непрерывно намотанных катушек. Витки катушки охватывают три зубца. Фазы соединены в двойную звезду с выведенной нулевой точкой, т. е. фаза имеет две параллельные ветви. Каждая звезда расположена на половине расточки статора. Катушки выполнены из теплостойкого обмоточного провода ПЭТ-200. В пазах катушки закреплены шнуром, забитым по особой схеме (в основном через два паза в третий). Статор в сборе пропитан электроизоляционным лаком.

Ротор состоит из вала 8, двух клювообразных полюсных наконечников 16, 23 и обмотки возбуждения 20. Обмотка возбуждения и полюсные наконечники образуют 12-полюсную магнитную систему. Полюсные наконечники изготавливают методом холодной штамповки из полосовой стали толщиной 12 мм с последующей обработкой по наружному диаметру.

Обмотка возбуждения намотана на каркас и надета на втулку, расположенную между полюсными наконечниками. Сверху катушку обмотки возбуждения оклеивают специальной бумагой, которая образует внешнюю изоляцию. Выводы обмотки возбуждения припаяны к двум изолированным друг от друга и от вала медным контакт-

ным кольцам 5. Для снижения уровня вибрации генератора осуществляют статическую и динамическую балансировку ротора.

На выступающий из передней крышки конец вала устанавливают приводной шкив с вентилятором 15. Шкив закрепляется на валу 8 с помощью шпонки и гайки. Детали вентилятора, штампованные из стального листа, сварены между собой и со втулкой шкива. Вентилятор осуществляет охлаждение обмоток статора и катушки возбуждения, а также кремниевых диодов выпрямителя.

На задней крышке 7 установлены интегральный регулятор 12 напряжения, объединенный в одну конструкцию с щеткодержателем, выпрямительный блок 2 с теплоотводами, помехоподавительный конденсатор 7 и все выводы генератора.

Генератор имеет три вывода:

- «30» – силовой положительный вывод 9 генератора в виде винта, закрепленного на положительном теплоотводе выпрямителя;
- «61» – вывод 10 дополнительного выпрямителя обмотки возбуждения;
- вывод «В» регулятора напряжения.

Последние два вывода выполнены в виде штекеров. Для снижения уровня радиопомех, излучаемых генератором, на крышке со стороны контактных колец закреплен конденсатор 7, подключенный к выводу «30».

Выпрямительный блок 2 крепится к крышке 7 тремя изолированными от нее болтами. К этим же болтам подключены выводы трех обмоток фаз генератора. Блок содержит силовой и дополнительный выпрямители, диоды которых размещены в пластмассовой подковке.

Щеткодержатель состоит из пластмассового корпуса, в котором находятся две прямоугольные щетки. Интегральный регулятор 12 напряжения является одновременно крышкой щеткодержателя.

Электрическая схема соединения генераторной установки представлена на рис. 3.3.

Недостатком описанной конструкции генератора является наличие щеточного узла и контактных колец. В эксплуатации автомобиля этот узел требует регулярного обслуживания и является причиной отказов в работе генератора. От данного недостатка избавлены генераторы с неподвижной обмоткой возбуждения (индукторные).



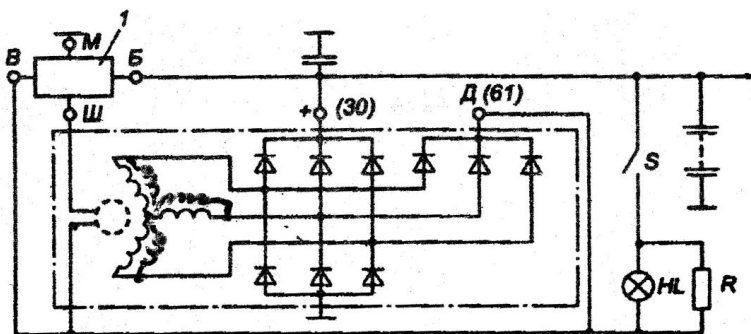


Рис. 3.3. Электрическая схема соединения генераторной установки:  
 1 – регулятор напряжения; S – включатель зажигания;  
 HL – контрольная лампа; R – шунтирующий резистор

Примером такого генератора является генератор 46.3701, представленный на рис. 3.4.

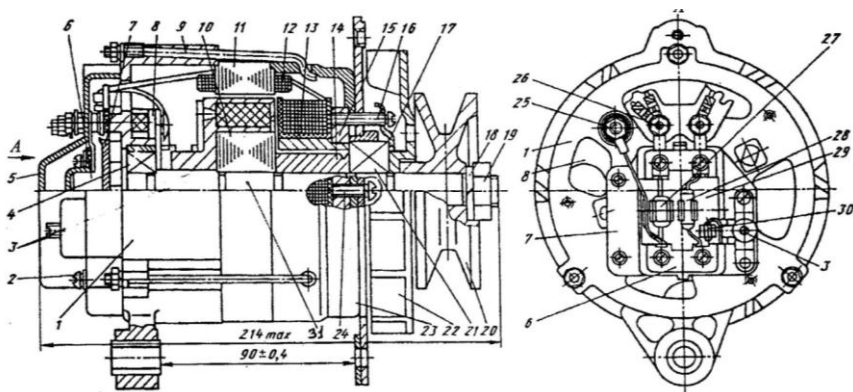


Рис. 3.4. Индукторный генератор 46.3701:

1 – задняя крышка; 2 – винт крепления пластмассового кожуха; 3 – переключатель сезонной регулировки; 4 – задний подшипник; 5 – пластмассовый кожух; 6 – интегральный регулятор напряжения; 7 – алюминиевый теплоотвод регулятора напряжения; 8 – полупроводниковый выпрямительный блок; 9 – стяжная шпилька; 10 – ротор; 11 – пакет (сердечник) статора; 12 – обмотка статора; 13 – катушка обмотки возбуждения; 14 – втулка ротора; 15 – фланцевая втулка; 16 – винт крепления крышки подшипника; 17 – крышка; 18 – разрезная шайба; 19 – гайка; 20 – шкив; 21 – передний подшипник; 22 – вентилятор; 23 – передняя крышка; 24 – винт крепления фланцевой втулки к передней крышке; 25 – вывод «+»; 26 – вывод «Д»; 27, 30 – резисторы; 28 – конденсатор; 29 – пластмассовая колодка; 31 – вал ротора

Индукторный генератор 46.3701 (см. рис. 3.4) представляет собой вентильную бесконтактную трехфазную электрическую машину с односторонним электромагнитным возбуждением с подмагничиванием от постоянных магнитов и встроенными силовым и дополнительным выпрямителями. Силовой выпрямитель собран по трехфазной двухполупериодной схеме. Через дополнительный выпрямитель обеспечивается электроснабжение катушки 13 обмотки возбуждения. Ротор 10 состоит из вала 31 с пакетом железа и фланца, удерживающего постоянный магнит. Пакет железа ротора, имеющий форму шестилучевой звездочки, набран из листов электротехнической стали толщиной 1 мм. Предварительно намагниченный фланец с постоянными магнитами напрессовывают на вал и зачеканивают. Ротор вращается в подшипниках 4 и 21, не требующих добавления или замены смазочного материала в течение всего срока службы генератора. Подшипники размещены в передней 23 и задней 1 крышках. Передняя крышка 23 имеет форму стакана с отверстием для подшипника. В крышке размещен индуктор, состоящий из фланцевой втулки 15 и катушки 13 обмотки возбуждения. Обмотка возбуждения намотана на пластмассовый каркас, надетый на втулку индуктора. Один конец обмотки возбуждения гибким монтажным приводом выведен на вывод «Ш» интегрального регулятора 6 напряжения, а другой – на вывод «Д» генератора. Фланец втулки фиксируется в передней крышке и крепится к ней тремя винтами 24. Крышка 23 и втулка с фланцем выполнены из магнитомягкой стали, т. к. они являются частью магнитной системы генератора. Крышка одновременно является подшипниковым щитом. К торцовой части передней крышки 23 приварен выступающий фланец с двумя лапами, одна из которых служит для регулирования натяжения ремня, а другая – для крепления генератора на двигателе. Расположенный в передней крышке подшипник 21 по наружной обойме жестко зажат фланцевой втулкой 15 и крышкой 17 подшипника, а по внутренней обойме – втулкой 14 ротора и ступицей вентилятора 22. Задняя крышка 1, отлитая из алюминиевого сплава, также имеет лапу для крепления генератора к двигателю. На торцовой части крышки предусмотрены отверстия для прохода охлаждающего воздуха. С внутренней стороны на крышке закреплен выпрямительный блок 8. Вывод «+» дополнительного выпрямителя блока БПВ 23-50N

гибким проводом соединен с выводом «Д» регулятора напряжения и выводом «Д» генератора.

Статор генератора состоит из пакета 17 пластин электротехнической стали и трехфазной обмотки. Фазы обмотки статора соединены в треугольник. Обмотка каждой фазы имеет три последовательно соединенные катушки. Пластины пакета с девятью полуоткрытыми трапециевидными пазами соединены между собой заклепками. Катушки в пазах закреплены клиньями и изолированы от пакета пазовой изоляцией из электротехнического картона. Интегральный регулятор 6 напряжения (Я112В), переключатель 3 посезонной регулировки с резисторами 30 и 27 для подпитки обмотки возбуждения от аккумуляторной батареи и конденсатор 28 объединены в интегральное регулирующее устройство, закрепленное с внешней торцевой стороны задней крышки на алюминиевом радиаторе-теплоотводе. Кожух 5 интегрального регулирующего устройства имеет множество отверстий для прохождения охлаждающего воздуха. Посезонная регулировка осуществляется замыканием накоротко резистора 30 переключателем 3.

Протяжную вентиляцию генератора обеспечивает вентилятор 22 с нечетным числом лопастей, расположенных с наклоном по отношению к направлению вращения.

Перспективной конструкцией индукторного генератора является генератор фирмы «Bosch» (рис. 3.5).

Он состоит из статора 6, ротора 2, внутреннего 4 и наружного 3 корпусов и крышки 9. Статор набран из пластин электротехнической стали толщиной 0,9 мм, на внутренней поверхности которых отштампованы 36 пазов для укладки фазных обмоток. Обмотка статора выполнена медным изолированным проводом толщиной 1 мм. Для улучшения изоляционных свойств и вибростойкости фазные обмотки пропитаны электротехническим лаком. При сборке статора и внутреннего корпуса часть фазной обмотки, входящая в углубление внутреннего корпуса 4, заливается упругой изолирующей мастикой 5, предотвращающей смещение фазных обмоток с последующим возможным нарушением изоляции. Внутренний корпус 4 герметично собирается с наружным корпусом 3. Для уплотнения стыка между корпусами устанавливается резиновое уплотнительное кольцо 8. Полость между корпусами образует рубашку охлаждения генератора. Для соединения с системой жидкостного охлаждения двигателя в наружном корпусе выполнены два отверстия.

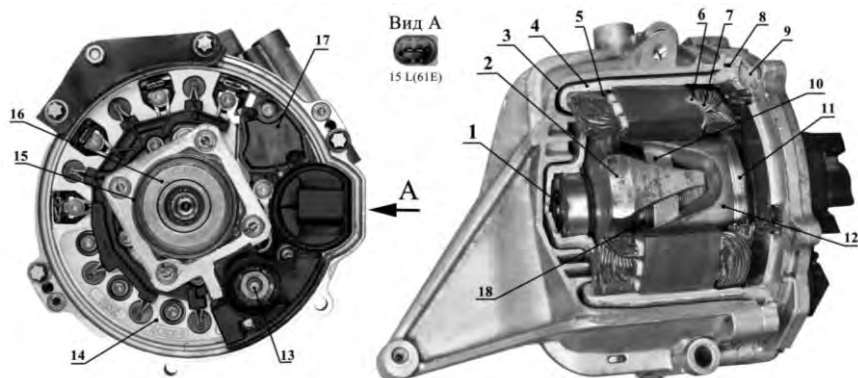


Рис. 3.5. Индукторный генератор фирмы «Bosch»:

1 – вал ротора; 2, 12 – полюсные наконечники; 3 – наружный корпус; 4 – внутренний корпус; 5 – упругая мастика; 6 – статор; 7 – обмотка статора; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – крышка; 10 – кольцо; 11 – фланец втулки; 13 – полюсный вывод +В; 14 – радиатор выпрямительного блока; 15 – шкив привода; 16 – муфта свободного хода; 17 – интегральный регулятор напряжения; 18 – обмотка возбуждения

Особенностью конструкции генератора является клювообразная магнитная система ротора с 12 полюсами. Шестиклювый полюсный наконечник 2 напрессован на вал 1 ротора. Полюсный наконечник 12 соединен с наконечником 2 через магнитомягкое кольцо 10, припаянное латунью к проточенной части на внутренней поверхности клювов наконечников. Такое соединение наконечников позволило обеспечить точное взаимное положение разнополярных клювов на роторе и проточить отверстие необходимого диаметра в ступице наконечника 12.

Обмотка возбуждения 18 закреплена неподвижно на цилиндрической втулке, изготовленной как единое целое с фланцем 11 и в собранном состоянии находится внутри спаянных полюсных наконечников. Такая конструкция позволяет получить многополюсную магнитную систему с помощью одной неподвижной катушки. Схема магнитной системы генератора представлена на рис. 3.6.

*Основной рабочий магнитный поток* (рис. 3.6, штриховые линии) проходит через втулку 1 с фланцем, воздушный зазор между фланцем и клювообразным полюсом 3, по клювам наконечника 3, воздушный зазор между ротором и статором, по зубцам и спинке ста-

тора 5, через воздушный зазор между статором и клювообразным наконечником 4, по наконечнику 4, воздушный зазор между клювообразным наконечником 4 и втулкой 1. Часть магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения 2 (штрихпунктирные линии), замыкается по воздуху мимо статора, не пересекает провода статорной обмотки 6 и в наведении в ней ЭДС не участвует. Эта часть магнитного потока называется *магнитным потоком рассеяния*.

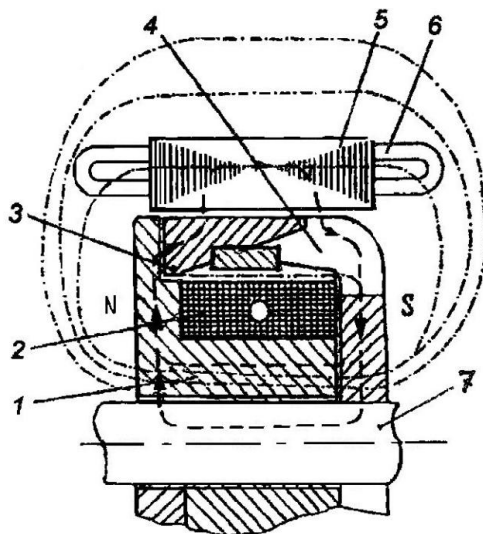


Рис. 3.6. Магнитная система генератора индукторного типа с клювообразным ротором:

1 – втулка; 2 – обмотка возбуждения; 3, 4 – клювообразные полюса;  
5 – статор; 6 – обмотка статора; 7 – вал;

----- – магнитные силовые линии;

- - - - - часть магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения

Индукцируемый в фазных обмотках переменный ток подводится к радиатору выпрямительного блока 14 (рис. 3.5) и выпрямленный снимается с клеммы 13 (+В). Для регулирования вырабатываемого генератором напряжения в крышку вмонтирован интегральный регулятор напряжения 17.

Привод генератора осуществляется через многоручейный шкив 15, который соединяется с валом генератора муфтой свободного хода. Такое соединение позволяет уменьшить нагрузки, действующие на поликлиновидный ремень в период переходных режимов работы двигателя.

Для соединения регулятора напряжения с клеммой «+» аккумуляторной батареи и с лампой контроля исправности генератора генератор имеет штекерный разъем с выводами «15» и «L(61E)» соответственно (вид А).

### **Выбор генератора для автомобиля**

Чтобы обеспечить надежную работу системы энергоснабжения, необходимо привести в соответствие мощность генератора, емкость аккумуляторной батареи и мощность потребителей электроэнергии. Размеры, тип и конструкция автомобильного генератора выбираются из условия, что он должен не только питать потребителей, но и заряжать аккумуляторную батарею.

Величина мощности генератора, устанавливаемого на автомобиль, зависит от комплектации автомобиля потребителями энергии. При расчете выбирают наиболее тяжелые условия эксплуатации, при которых потребляемая энергия будет максимальной, т. е. «зима-ночь». Генератор подбирается на основе суммарного тока потребителей, причем при суммировании учитывается относительное время работы. Ток потребителей умножается на коэффициент времени их работы  $K_t$ . Если потребитель работает постоянно во время движения,  $K_t = 1$ . При этом постоянно включенными принимаются: фары дальнего света; габаритные огни; фонарь освещения номерного знака; освещение приборов; система зажигания, впрыска топлива и топливоподача; электрическая блокировка замков; управление подвеской; система отопления.

Кратковременно включенные потребители имеют следующие значения коэффициента  $K_t$ :

стеклоочиститель ветрового стекла – 0,25;

заднего стекла – 0,15;

противотуманные фары – 0,3;

противотуманные фонари – 0,5;

сигнал торможения – 0,5;

сигнал поворота – 0,1;

очистители фар – 0,1;

антиблокировочная система тормозов – 0,6;

радиоприемник – 0,7.

Номинальный ток генератора должен быть не менее (1,25–1,35)  $I_n$ .

$$I_n = I_{\text{пп}} + I_{\text{пк}},$$

где  $I_{\text{пп}}$  – суммарная сила потребляемого тока постоянно включенными потребителями;

$I_{\text{пк}}$  – суммарная сила потребляемого тока от кратковременно включенных потребителей:

$$I_{\text{пк}} = \sum(I_{\text{п}i} \cdot K_i),$$

где  $I_{\text{п}i}$  – ток, потребляемый конкретным потребителем.

По величине  $I_n$  рекомендуется выбирать генератор с номинальным током, указанным в табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Подбор генератора по току потребителей

$I_n$ при 14 В, А	Менее 18	18– 25	25– 32	32– 39	39– 48	48– 57	57– 68
Номинальный ток генератора, А	28	35	45	55	65	75	90

После выбора генератора нужно проверить, обеспечивает ли он на частоте вращения холостого хода коленвала нужную силу тока. Она должна быть не менее 1,3  $I_{\text{пп}}$ . Следует проверить также, не превысит ли максимальная частота вращения ротора генератора допустимой величины. Для этого используют токоскоростную характеристику выбранного генератора (рис. 3.7).

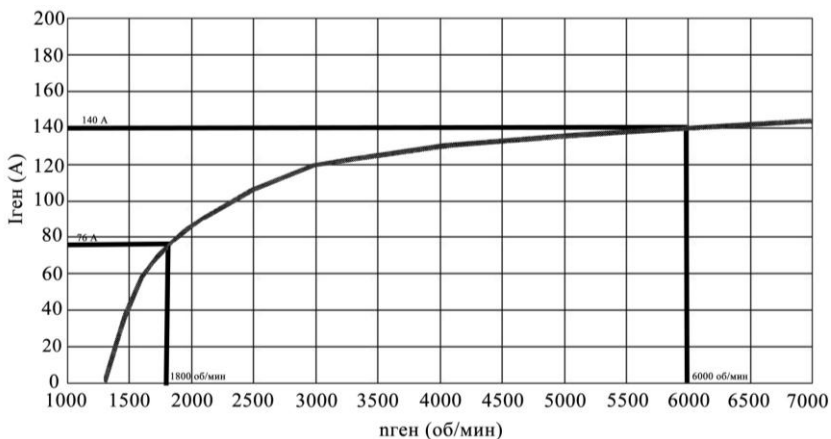


Рис. 3.7. Токоскоростная характеристика генератора

**Токоскоростная характеристика** – зависимость силы тока  $I_{ген}$ , А, которую генератор может отдавать потребителям при полной нагрузке, от частоты вращения вала якоря генератора  $n_{ген}$ , об/мин. Для определения требуемой величины силы тока генератора на оборотах холостого хода коленвала двигателя необходимо:

- разделить частоту вращения коленвала двигателя на передаточное число привода генератора;

- по найденному значению частоты вращения вала генератора на холостом ходу, используя токоскоростную характеристику выбранного генератора, определить величину тока, вырабатываемого генератором;

- сравнить полученное значение тока генератора с расчетным значением, равным  $1,3 I_{пп}$ ;

- по максимальным оборотам двигателя, с учетом передаточного числа привода, определить максимальные обороты вала генератора и сравнить их с допустимыми по скоростной характеристике генератора (данным производителя).

При расчете величину тока отдельных потребителей определяют, исходя из значений потребляемой мощности конкретными потребителями, используя табл. 3.2. Величины, приведенные в табл. 3.2, ориентировочные и могут отличаться от величин для конкретных марок автомобилей.



Таблица 3.2

Основные потребители		Длительные потребители		Кратковременные потребители	
Система зажигания 20 Вт	Система впрыска топлива 50–70 Вт	Противотуманные фары 35–55 Вт	Автономный отопитель 20–60 Вт	Указатели поворота по 21 Вт	Стартер 800–3000 Вт
Топливный насос 50–70 Вт	Управление двигателем 10 Вт	Габаритные огни по 4 Вт	Аудиосистема 10–15 Вт	Сигналы торможения по 21 Вт	Прикуриватель 100 Вт
У автомобилей с разветвленной бортовой сетью при включении зажигания потребляется мощность до 240 Вт ( $I = 20 \text{ A}$ )		Подсветка по 2 Вт	Стеклоочиститель 60–90 Вт	Фонари заднего хода по 21–25 Вт	Звуковой сигнал 25–100 Вт
		Фонари освещения номерного знака по 5 Вт	Вентилятор системы охлаждения 80–600 Вт	Дополнительные сигналы торможения по 21 Вт	Свечи накаливания по 100 Вт
		Стояночные огни по 3–5 Вт	Вентилятор салона 80 Вт	Омыватель фар 60 Вт	Электропривод антенны 60 Вт
		Фары ближнего света по 55 Вт	Обогреватель стекла 120 Вт	Стеклоподъемники 150 Вт	
		Фары дальнего света по 55 Вт	Задние габаритные огни по 5 Вт		
		Дополнительные фары по 55 Вт			

## Привод генераторов и подсоединение к электрической цепи автомобиля

В основном генераторы приводятся во вращение клиновидными зубчатыми или поликлиновидными ремнями. При использовании клиновидных зубчатых ремней на вал генератора устанавливают одно- или двухручейный шкив. При мощности генератора более 1 кВт привод осуществляют поликлиновидными ремнями, а шкив генератора с валом соединяют через муфту свободного хода. Это позволяет увеличить срок службы ремня. Важным параметром, влияющим на работу генератора, является передаточное число привода между валами двигателя и генератора. Для электроснабжения потребителей передаточное число должно быть как можно меньшим. Однако с понижением передаточного числа снижается срок службы ремней, поэтому реальные передаточные числа являются результатом компромисса между этими двумя требованиями.

Генераторы мощностью более 2 кВт соединяются с двигателем эластичной муфтой или шестеренчатой передачей.

Генераторные установки могут иметь следующие обозначения выводов:

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

## **Оборудование рабочего места**

Для выполнения работы необходимы макеты следующих генераторов:

- переменного тока с контактными кольцами;
- индукторного типа с ротором в виде звездочки;
- индукторного типа со встроенными в ротор постоянными магнитами;
- индукторного типа фирмы «Bosch»;
- плакаты, иллюстрирующие устройство и электрическую схему вышеуказанных генераторных установок.

## **Содержание отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы и виды изученных генераторных установок;
- отличия генераторных установок индукторного типа;
- электрическую схему генераторной установки;
- подбор генератора для конкретной марки автомобиля (по указанию преподавателя).

## **Контрольные вопросы**

1. Назначение генератора.
2. Как устроен генератор переменного тока с контактными кольцами?
3. В чем отличие генераторов индукторного типа от генераторов с контактными кольцами?
4. Какие конструктивные отличия имеют генераторы индукторного типа?
5. Как рассчитывается мощность генератора, устанавливаемого на автомобиль?
6. Как определяется передаточное число привода генератора?
7. Какую характеристику генератора необходимо иметь при подборе его к конкретному автомобилю?
8. Какие клеммы имеют генераторы переменного тока для присоединения в электрическую схему автомобиля?

## Лабораторная работа №4

### СИСТЕМА ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**Цель работы:** изучить устройство системы пуска, конструкции электростартеров, схемы соединения обмоток и их влияние на характеристику стартеров, особенности конструкции приводов, диагностирование системы пуска.

#### Общие сведения

Система пуска предназначена для принудительного проворачивания коленчатого вала двигателя с пусковой частотой. Большинство автомобилей оснащено электростартерным пуском, который обладает большой надежностью в работе и возможностью автоматизации процесса пуска двигателей с помощью электротехнических устройств. Структурная схема системы пуска представлена на рис. 4.1. Она состоит из источника энергии, преобразователя (стартера) и устройств управления. Последние обеспечивают дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе. Источником энергии в системах электростартерного пуска является свинцовая аккумуляторная батарея (химический источник постоянного тока), поэтому в электростартерах используют электродвигатели постоянного тока.

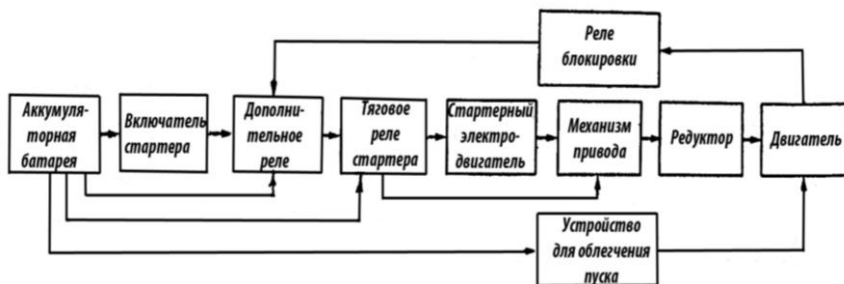


Рис. 4.1. Структурная схема системы электростартерного пуска

В зависимости от схемы соединения обмоток возбуждения (статора) и якоря электродвигателя бывают с последовательным, параллельным, смешанным и независимым возбуждением. От схемы соединения обмоток в значительной степени зависят электромеханическая и механическая характеристики стартерного электродвигателя. В электродвигателе с параллельным возбуждением обмотка возбуждения подключена к источнику напряжения (рис. 4.2, а) параллельно с обмоткой якоря. Особенностью этого двигателя является то, что ток возбуждения  $I_b$  не зависит от тока якоря  $I_a$  (нагрузка на валу). Электромеханическая (рис. 4.2, б) и механическая (рис. 4.2, в) характеристики имеют линейный характер. Такой вид характеристики называют жестким. Частота вращения холостого вала, имеет конечное значение при  $M = 0$  ( $I_a = 0$ ). При изменении момента сопротивления вращению коленчатого вала в широких пределах, что характерно для пуска ДВС, ток якоря изменяется в большом диапазоне.

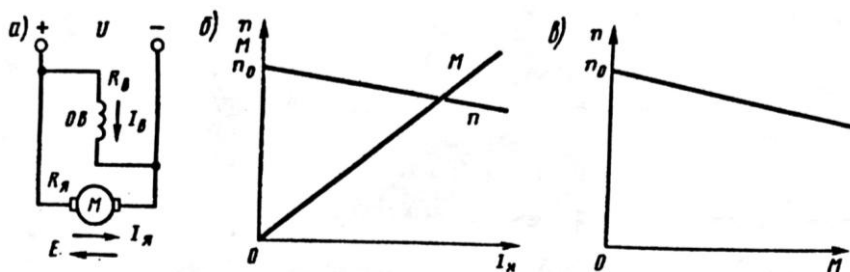


Рис. 4.2. Схема двигателя с параллельным возбуждением (а) и его электромеханическая (б) и механическая (в) характеристики:

$U$  – напряжение, подводимое к электродвигателю от источника питания;  $E$  – противоЭДС якоря;  $I_a$  – ток якоря;  $R_a$  – активное сопротивление цепи якоря;  $I_b$  – ток обмотки возбуждения;  $R_b$  – активное сопротивление обмотки возбуждения;  $n$  – частота вращения якоря;  $M$  – момент электродвигателя

В случае если обмотка якоря электродвигателя и обмотка возбуждения подключены к различным источникам питания, его называют двигателем с независимым возбуждением. Механические и электромеханические характеристики такого двигателя аналогичны характеристикам двигателя с параллельным возбуждением, т. к. у него ток возбуждения  $I_b$  также не зависит от тока якоря  $I_a$ .

В электродвигателях с последовательным возбуждением обмотка возбуждения включается последовательно с обмоткой якоря и поэтому  $I_B = I_A$  (рис. 4.3, а).

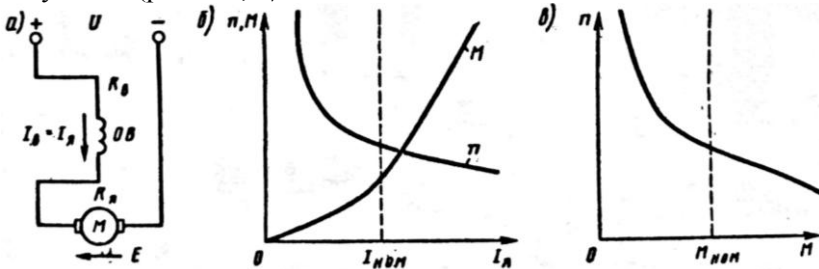


Рис. 4.3. Схема двигателя с последовательным возбуждением (а) и его электромеханическая (б) и механическая (в) характеристики

Следовательно, магнитный поток двигателя  $\Phi$  является некоторой функцией тока якоря  $I_A$ . Характер этой функции изменяется в зависимости от нагрузки двигателя. Из рис. 4.3, в следует, что механическая характеристика двигателя с последовательным возбуждением является «мягкой». При малых нагрузках частота вращения  $\omega$  резко возрастает и может превысить максимально допустимое значение (двигатель идет вразнос). Несмотря на этот недостаток такие двигатели широко применяются в различных электрических приводах, где в широких пределах происходит изменение нагрузочного момента и существуют тяжелые условия пуска. В частности, у большинства стартерных электродвигателей имеется последовательное возбуждение. Объясняется это тем, что «мягкая» характеристика рассматриваемого двигателя более благоприятна для указанных условий работы, чем «жесткая» характеристика двигателя с параллельным возбуждением.

При изменении нагрузочного момента в широких пределах, что характерно для пуска ДВС, электрическая мощность

$$P_{эл} = I_A \cdot U_A$$

и ток  $I_A$  у двигателей с последовательным возбуждением изменяется в меньших пределах, чем у двигателей с параллельным возбуждением. Двигатель с последовательным возбуждением развивает больший пусковой момент и лучше переносит перегрузки.

В электродвигателе со смешанным возбуждением магнитный поток  $\Phi$  создается в результате совместного действия двух обмоток возбуждения (рис. 4.4, а): параллельной (ОВ1) и последовательной (ОВ2). Поэтому его механическая характеристика (рис. 4.4, в, кривые 3, 4) располагается между характеристиками двигателей с параллельным (прямая 1) и последовательным (кривая 2) возбуждением.

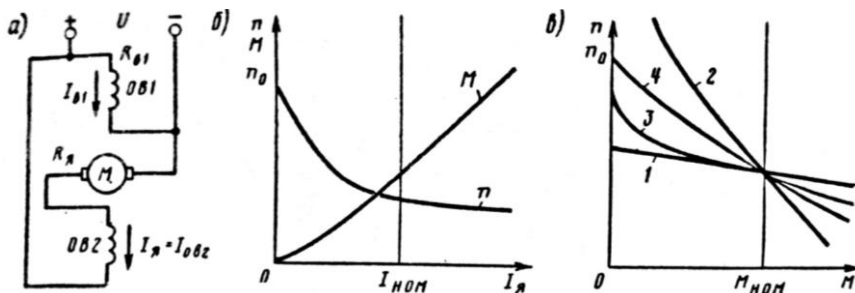


Рис. 4.4. Схема двигателя со смешанным возбуждением (а) и его электро-механическая (б) и механическая (в, кривые 3, 4) характеристики

В зависимости от соотношения магнитодвижущей силы (МДС)

$$F = W \cdot I_B$$

( $W$  – число витков обмотки) параллельной ( $W_1 \cdot I_{B1}$ ) и последовательной ( $W_2 \cdot I_{B2}$ ) обмоток при номинальном режиме можно приблизить характеристику двигателя со смешанным возбуждением к характеристике 1 (при  $W_1 \cdot I_{B1} > W_2 \cdot I_{B2}$ ) или к характеристике 2 ( $W_1 \cdot I_{B1} < W_2 \cdot I_{B2}$ ). Одним из достоинств двигателей со смешанным возбуждением, которые используются в некоторых конструкциях стартеров, является то, что они, обладая «мягкой» механической характеристикой, могут работать на холостом ходу, т. к. частота вращения холостого хода  $n_0 = m$  имеет конечное значение.

Таким образом в стартерах чаще используются двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением. В отдельных случаях, рассмотренных ниже, используются двигатели со смешанным возбуждением. В последние годы на стартерах стали применяться электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов, которые имеют пониженное энергопотребление вследствие отсутствия тока возбуждения. Однако такие стартеры имеют недостатки, характерные для электродвигателей независимого (параллельного) возбуждения.

## Устройство и принцип действия стартера

Стартер состоит из электродвигателя, механизма привода и устройства управления.

### Устройство электродвигателя

Электродвигатель состоит из статора 10 и ротора (якоря) 9, рис. 4.5. Статор содержит корпус 10, и полюсные сердечники 18 с обмотками возбуждения 11. Корпус является частью магнитной системы, поэтому выполнен из малоуглеродистой стали в виде цельнотянутой трубы или свернутой и сваренной по стыку стальной полосы. К торцевым поверхностям корпуса винтами или длинными стяжными болтами крепят крышки 14, 30, 33, выполненные из чугуна или алюминиевого сплава. В центральной части крышек 14 и 33 размещены подшипники скольжения (из бронзы или металлокерамики), служащие опорами вала якоря.

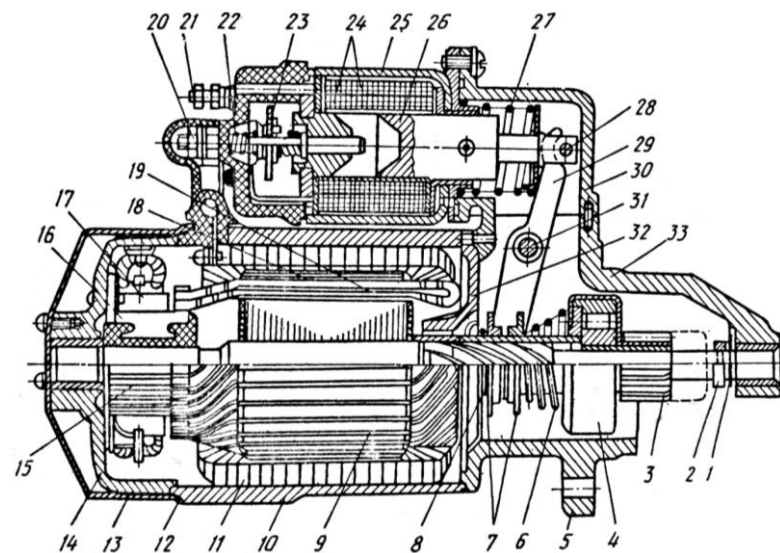


Рис. 4.5. Стартер с цилиндрическим коллектором и роликовой муфтой свободного хода (СТ230):

1 – регулируемая шайба; 2 – упорное кольцо; 3 – шестерня; 4 – муфта свободного хода; 5 – фланец; 6, 8, 27 – пружины; 7 – подводная муфта; 9 – ротор; 10 – статор;



11 – обмотка возбуждения; 12 – уплотнительное кольцо; 13 – кожух; 14, 30, 33 – крышки; 15 – коллектор; 16 – ламель; 17 – щетка; 18 – полюсный сердечник; 19 – виток обмотки якоря; 20 – зажим обмотки возбуждения; 21 – зажим теплового реле; 22 – пружина; 23 – контактный диск; 24 – обмотки теплового реле; 25 – корпус; 26 – якорь; 28 – шарнир; 29 – рычаг; 31 – ось; 32 – промежуточная опора

В задней части корпуса (или в задней крышке) выполняют окна для осмотра щеточно-коллекторного узла и замены щеток 17. Окна закрываются защитной лентой.

По оси корпуса расположен якорь. Он состоит из вала и сердечника 9 в виде пакета стальных пластин толщиной 1–1,2 мм, напрессованных на вал. Такая конструкция сердечника уменьшает потери на вихревые токи. Сердечник имеет продольные пазы с поперечным сечением (рис. 4.6) прямоугольной со скругленными углами или грушевидной формы. В них укладывают витки обмотки 19 (см. рис. 4.5) якоря. Чаще выполняют обмотки волнового типа, реже – петлевого с одно- или двухвитковыми секциями.

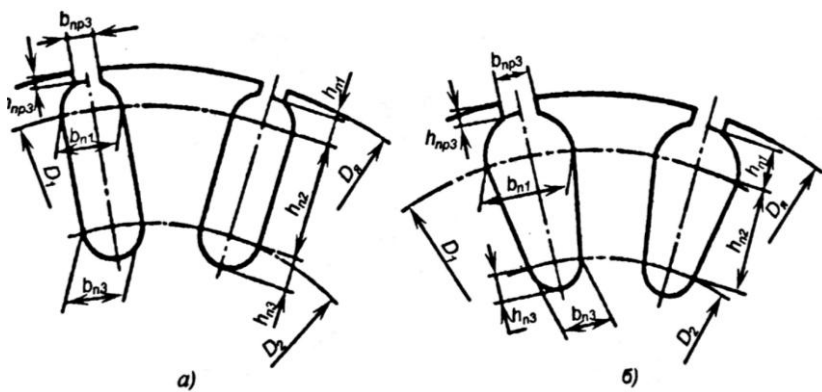


Рис. 4.6. Формы пазов якоря со скруглениями:  
а – полузакрытый прямой; б – грушевидный

Провода имеют прямоугольное (неизолированные) или круглое (изолированные) сечение. Первые применяют, если пазы прямые. Проводники в пазы укладывают в два слоя и изолируют друг от друга и от пакета якоря гильзами S-образной формы из электрокартона толщиной 0,2–0,4 мм или полимерной пленки. Вторые применяют в стартерах малой мощности с двухвитковыми секциями.

Концы секций обмотки якоря укладывают в прорези коллекторных пластин. Конец одной и начало следующей секции по ходу обмотки присоединяют к одной коллекторной пластине.

На лобовые части обмотки якоря накладывают бандажи, состоящие из нескольких витков проволоки, хлопчатобумажного шнура или стекловолоконного материала, намотанных на прокладку из электроизоляционного картона.

Коллектор размещается на заднем конце вала якоря. Его собирают из ламелей (медных фигурных пластин) 16, изолированных друг от друга слюдяными (миканитовыми) прокладками. Ламели фиксируют на металлической втулке конусными кольцами по боковым поверхностям «ласточкиного хвоста» ламелей. Такой коллектор 15 имеет форму цилиндра, наружная поверхность которого является рабочей.

С рабочей поверхностью коллектора контактируют медно-графитовые щетки 17. Их (как правило, четыре) помещают в щеткодержатели радиального типа (при цилиндрическом коллекторе) или в виде металлической траверсы (при торцевом коллекторе). Надежный электрический контакт между щеткой и коллектором обеспечивается спиральными пружинами или витыми цилиндрическими при торцевом коллекторе. Половину щеток электрически изолируют от корпуса. К ним подводят концы обмоток возбуждения электродвигателя стартера. Остальные щетки соединены с корпусом. Для обеспечения электрического контакта щетки имеют медный канатик с наконечником под винт.

Более просто устроены коллекторы, в которых ламели 1 запрессованы в пластмассовую основу 2 (рис. 4.7). Рабочая поверхность такой монолитной конструкции может быть расположена перпендикулярно к оси вращения якоря (торцевой коллектор на рис. 4.7, б). При использовании торцевого коллектора уменьшается расход меди для изготовления стартера, а также его длина.

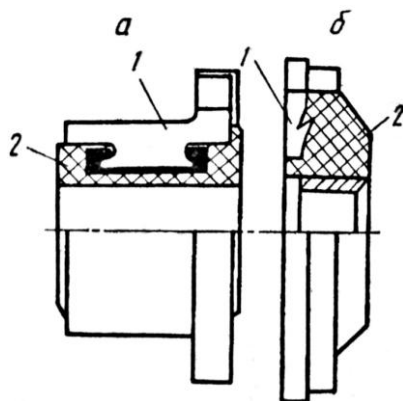


Рис. 4.7. Конструкции коллекторов стартера

Передний конец вала якоря имеет цилиндрическую часть для установки шестерни 3 (см. рис. 4.5) с муфтой свободного хода (МСХ) 4 и спиральные шлицы для соединения вала якоря с ведущей облойкой муфты. Носок вала входит в подшипник скольжения крышки 33.

К крышке 33 винтами крепится тяговое реле, содержащее одну или две (втягивающую и удерживающую) обмотки 24, намотанные на латунную втулку. В ней свободно перемещается стальной якорь 26, шарнирно связанный с рычагом 29, управляющим МСХ. Пружина 27 удерживает якорь в исходном положении. На штоке якоря установлен контактный диск 23, изолированный от штока шайбами и втулкой. Диск может перекашиваться и перемещаться на штоке в результате сжатия пружины 22 при прижатии диска к головкам контактных болтов, обеспечивая хороший контакт диска с болтами.

Удерживающая обмотка обеспечивает притяжение якоря к сердечнику в течение длительного времени. Поскольку она больше нагревается, ее наматывают поверх втягивающей обмотки (ВО). Последняя подключена параллельно силовым контактам реле и совместно с удерживающей обмоткой (УО) создает необходимую силу притяжения якоря к сердечнику при наибольшем зазоре между ними. При замыкании силовых контактов реле втягивающая обмотка отключается и работает только УО. Один из концов УО и ВО припаян к зажиму 21. Другой конец УО соединен с корпусом реле, а второй конец ВО – с выводом обмотки возбуждения стартера.

## Механизм привода

Наибольшее распространение в электростартерах получили бесшумные в работе и технологичные роликовые муфты свободного хода, способные при небольших размерах передавать значительные вращательные моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, при эксплуатации не требуют технического обслуживания и регулирования.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма 12 (рис. 4.8) муфты свободного хода вместе с якорем проворачивается относительно еще неподвижной ведомой обоймы 17. Ролики 3 под действием прижимных пружин 1 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря через шлицевую втулку 10 передается ведущей обойме 12 муфты.

Для обеспечения надежного заклинивания муфты свободного хода применяют индивидуальные прижимные устройства для роликов, осуществляющие нажатие на ролики 3 непосредственно через индивидуальные плунжеры или толкатели 2 1-образной формы.

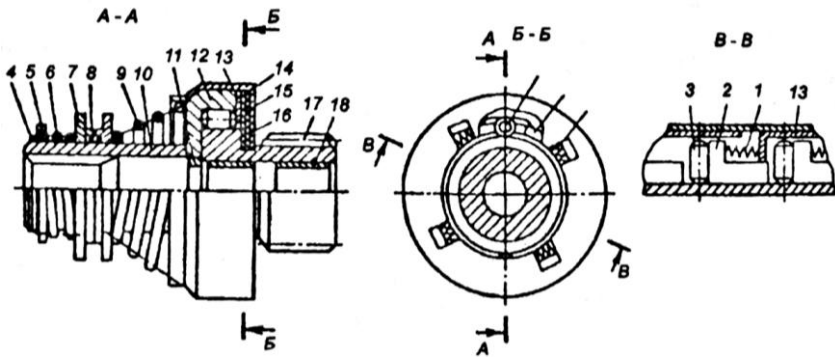


Рис. 4.8. Приводной механизм с роликовой муфтой свободного хода электростартера СТ230-Б:

1 – прижимная пружина; 2 – толкатель; 3 – ролик; 4 – замковое кольцо; 5 – опорная чашка; 6 – пружина; 7, 8 – поводковые муфты; 9 – буферная пружина; 10 – шлицевая втулка; 11 – центрирующие кольца; 12 – наружная ведущая обойма; 13 – держатель пружин; 14 – специальная шайба; 15 – войлочный уплотнитель; 16 – кожух муфты; 17 – ведомая обойма с шестерней; 18 – втулки

Усилие прижатия обеспечивается витыми цилиндрическими пружинами, одним концом упирающимися в выступы толкателей 2, а другим – в отогнутые лепестки держателя пружин, соединенного с ведущей обоймой 12.

Недостатком роликовых муфт свободного хода является большое удельное давление в месте контакта роликов и обойм. По этой причине их применяют в стартерах легковых автомобилей и грузовиках с бензиновыми двигателями.

Механизм привода стартера с храповичной муфтой свободного хода обеспечивает более полное разъединение вала электродвигателя и коленчатого вала двигателя при значительно меньших нагрузках на силовые элементы муфты. Храповичная муфта (рис. 4.9) состоит из корпуса 11, ведущего 8 и ведомого 6 храповиков, шестерни 2 привода, пружины 10, шлицевой направляющей втулки 12 и центробежного механизма с конической втулкой 7, текстолитовыми сегментами (сухариками) 3 и направляющими штифтами 4 для разъединения ведущего и ведомого храповиков.

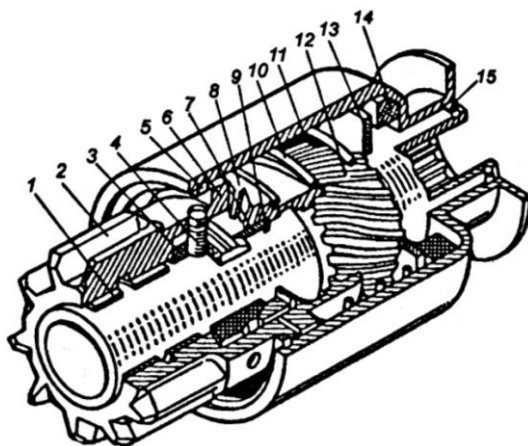


Рис. 4.9. Храповичная муфта свободного хода:

1 – вкладыш; 2 – шестерня; 3 – сегмент (сухарик); 4 – направляющий штифт; 5, 15 – замковые кольца; 6, 8 – ведомый и ведущий храповики; 7 – коническая втулка; 9, 13 – шайбы; 10 – пружина; 11 – корпус муфты; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

При подключении обмотки тягового реле к источнику питания его якорь через рычаг привода и корпус 11 муфты перемещает направляющую втулку 12 вместе с храповиком 6 и 8 по шлицам вала и вводит шестерню 2 в зацепление с венцом маховика до упора в шайбу на валу якоря. В конце хода шестерни замыкаются силовые контакты тягового реле, вал якоря приводится во вращение, а вращающий момент через шлицевую втулку 12, ведущий 8 и ведомый 6 храповики передается шестерне 2 и далее венцу маховика. При передаче вращающего момента в винтовых шлицах втулки 12 и ведущего храповика 8 возникает осевое усилие, которое воспринимается буферным резиновым кольцом 14.

Если шестерня привода упирается в венец маховика, сжимается пружина 10 и ведущий храповик 8, перемещаясь по винтовым шлицам 12, своими торцовыми зубьями проворачивает ведомый храповик и шестерню на угол, обеспечивающий ввод шестерни в зацепление и замыкание контактов тягового реле.

После пуска двигателя частота вращения шестерни и ведомого храповика становятся больше частоты вращения вала якоря и направляющей втулки 12, поэтому ведущий храповик, сжимая пружину 10, перемещается по винтовым шлицам втулки, отходит от ведомого храповика и шестерня привода вращается «вхолостую». Коническая втулка 7 отодвигается вместе с ведущим храповиком и освобождает текстолитовые сегменты 3, соединенные с быстровращающимся ведомым храповиком 6 направляющими штифтами 4. Под действием центробежных сил сегменты перемещаются в радиальном направлении вдоль штифтов, занимают крайнее верхнее положение и блокируют муфту в расцепленном состоянии, предохраняя зубья храповиков от повреждения и изнашивания. В этом состоянии храповичный механизм будет находиться до тех пор, пока осевая составляющая центробежной силы, действующей на коническую втулку 7, превышает усилие пружины 10.

Шестерня привода выходит из зацепления с венцом маховика только после выключения тягового реле стартера. Во время отдельных всплесков в цилиндрах шестерня остается в зацеплении, что позволяет стартеру вращать коленчатый вал до тех пор, пока двигатель не сможет работать самостоятельно.

Преимуществами храповичной муфты свободного хода по сравнению с роликовыми муфтами являются высокая прочность, ремонтно-

пригодность и возможность передачи большого вращающего момента при сравнительно небольших габаритных размерах.

Комбинированный привод (рис. 4.10) электростартера обеспечивает принудительное включение и самовыключение шестерни. Он применяется на мощных стартерах типа СТ103 напряжением 24 В. При включении стартера рычаг 1 при помощи пальца, расположенного в лунке винтового паза 10, перемещает стакан 8 в сторону маховика двигателя. Втулка стакана упирается в гайку 9 и передвигает ее вместе с шестерней 7 по резьбе вала 5 до ввода шестерни в зацепление. Окружающий зазор в шлицевом соединении шестерни и вала допускает поворот шестерни относительно вала на один зуб. Если зубья шестерни упрутся в венец маховика, ведущая гайка 9 продолжает двигаться, сжимая пружину 4.

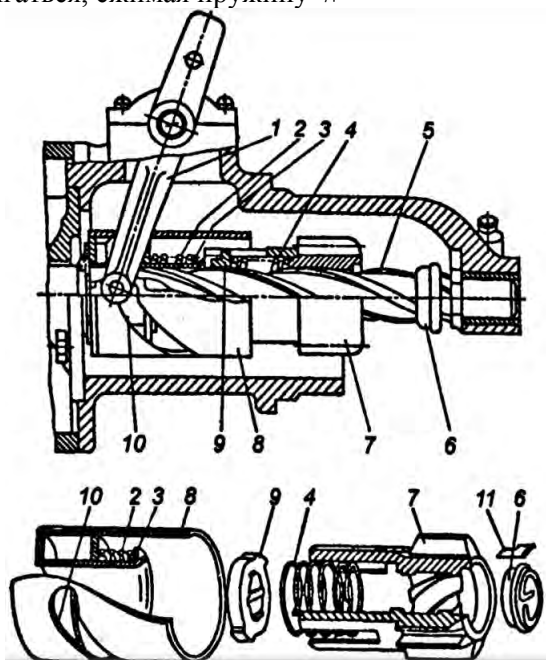


Рис. 4.10. Комбинированный привод электростартера:

1 – рычаг включения привода; 2 – пружина; 3 – шайба; 4 – пружина; 5 – вал якоря с четырехзаходной резьбой; 6 – упорное кольцо; 7 – шестерня; 8 – стакан; 9 – ведущая гайка; 10 – винтовой паз стакана; 11 – сухарик

За счет усилия в шлицах гайка проворачивает шестерню до тех пор, пока она не войдет в зацепление. В конце хода рычага 7 замыкается цепь питания стартерного электродвигателя. Вращающий момент через шлицы вала 5, гайку 9 и шестерню 7 передается коленчатому валу двигателя. Стакан 8 проворачивается одновременно с валом якоря и благодаря наличию винтового паза 10 возвращается в исходное положение, освобождая место для выхода шестерни из зацепления после пуска двигателя, когда шестерня вращается маховиком и направление усилия в шлицевом соединении меняется на противоположное. Буферная пружина 2 смягчает удар при выходе шестерни из зацепления.

Для блокировки шестерни стартера от повторного включения, после разобщения с зубчатым венцом маховика, на боковой поверхности шлицев на валу якоря сделаны углубления (лыски) дугообразной формы, расположенные на одной линии по окружности перпендикулярно оси вала. При отбрасывании шестерни 7 стартера вместе с ней синхронно движется ведущая гайка 9, соединенная шипами с пазами в стакане шестерни. Когда ведущая гайка доходит до лысок на шлицах вала якоря, происходит ее смещение в пазах стакана за счет усилия пружины 4, расположенной между гайкой и торцом шестерни. Это приводит к нарушению шага винтовой резьбы и автоматической блокировке шестерни стартера в исходном (выключенном) положении. Разблокировка происходит только при повторном включении стартера, когда втулка стакана 8, упираясь в ведущую гайку 9, сдвинет ее с лысок шлицев и восстановит шаг (расстояние) между ведущей гайкой и шестерней. Ход шестерни 7 ограничивается упорным кольцом 6, которое закреплено на валу якоря посредством сухарика 11.

Преимуществами комбинированного привода являются относительная простота конструкции, большая прочность, ремонтпригодность и возможность передачи большого вращающего момента.

### **Стартеры с дополнительным редуктором и постоянными магнитами**

Недостатком всех ранее рассмотренных конструкций стартеров является большая величина тока, потребляемая при пуске двигателя.



В настоящее время многие автомобили с бензиновыми двигателями оснащаются стартерами с планетарным редуктором и возбуждением от постоянных магнитов. Такая конструкция обладает следующими преимуществами:

- магнитное поле возбуждения электродвигателя, имеющего постоянные магниты на статоре, не зависит от поля (тока) якоря и падения напряжения аккумулятора при пуске ДВС;
- система постоянных магнитов на статоре электродвигателя делается многополюсной (не менее шести полюсов), что позволяет заметно уменьшить габариты магнитной системы (постоянные магниты значительно меньше электромагнитов);
- наличие дополнительного понижающего редуктора в электро-стартерной системе пуска позволяет оптимально согласовать жесткую механическую характеристику электродвигателя независимого возбуждения с минимальной пусковой частотой вращения коленвала ДВС при максимальной механической нагрузке стартера;
- при пуске холодного двигателя такой электродвигатель может работать в режиме повышенных оборотов, потребляя при этом от аккумулятора меньший ток по сравнению с классическим стартером;
- КПД и обороты стартерного электродвигателя с многополюсным статором и надежность пуска ДВС выше.

На рис. 4.11 приведена конструкция стартера с постоянными магнитами  $\delta$  на статоре и дополнительным планетарным редуктором, установленным между валом якоря и механизмом привода стартера. Постоянные магниты  $\delta$  статора крепятся к корпусу специальными пластинчатыми пружинами, приклепанными к корпусу. Такое крепление объясняется малой механической прочностью постоянных магнитов, изготовленных из феррита стронция или из сплава железо-неодим-бор. Дополнительный редуктор в большинстве стартеров изготавливается планетарного типа. Это объясняется возможностью получения большого передаточного числа в редукторе при минимальных габаритах. С валом якоря соединяется солнечная шестерня  $10$  редуктора, она может быть изготовлена заодно с валом, как на рис. 4.11. С корпусом редуктора жестко соединяется коронное колесо  $13$ , имеющее внутренний зубчатый венец. Между солнечной шестерней и коронным колесом расположены сателлиты  $11$ , зубья которых соединены с этими шестернями. Оси сателлитов жестко соединены с водилом  $12$  редуктора. Сателлиты на осях установлены

свободно. Водило соединяется с ведущей обоймой муфты свободного хода 14 стартера спиральными шлицами, нарезанными на выходном валу стартера.

Передаточное число такого редуктора определяется по формуле

$$U_p = (z_k / z_c) + 1,$$

где  $z_k$  – число зубьев коронного колеса;

$z_c$  – число зубьев солнечной шестерни,

и может составлять от 3 до 5. В этом случае передаточное число привода между коленвалом ДВС и якорем стартерного электродвигателя может достигать 80 и более. Планетарный редуктор при отсутствии обильной смазки издает шум при работе. Для снижения шума коронное колесо, как правило, изготавливают из пластмассы, при этом не требуется обильной смазки редуктора. В центральную часть коронного колеса заливают бронзовую втулку, которая для вала водила (выходного вала стартера) является опорным подшипником. Второй конец вала опирается на бронзовую втулку, запрессованную в переднюю крышку 1.

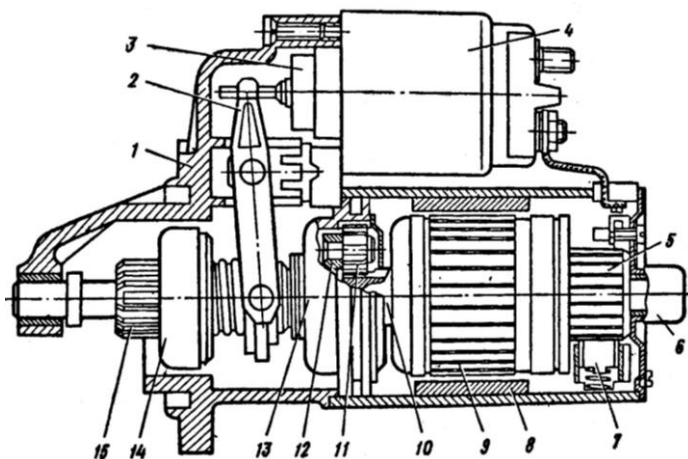


Рис. 4.11. Стартер с планетарным редуктором и возбуждением от постоянных магнитов:

1 – передняя крышка; 2 – приводной рычаг; 3 – якорь тягового реле; 4 – тяговое реле; 5 – коллектор электродвигателя; 6 – корпус подшипника; 7 – щетка; 8 – постое-

янные магниты; 9 – якорь; 10 – вал якоря с солнечной шестерней редуктора; 11 – зубчатое колесо-сателлит; 12 – водило; 13 – зубчатое колесо с внутренним зацеплением (корона); 14 – муфта; 15 – шестерня привода

Наличие дополнительного редуктора позволяет понизить частоту вращения якоря до пусковой, увеличив при этом величину крутящего момента стартера.

### Управление стартерами

Все стартера современных автомобилей имеют дистанционное управление. Оно включает (рис. 4.12) включатель стартера  $S_1$  (замок зажигания), реле включения стартера  $K1$  и тяговое реле  $K2$ .

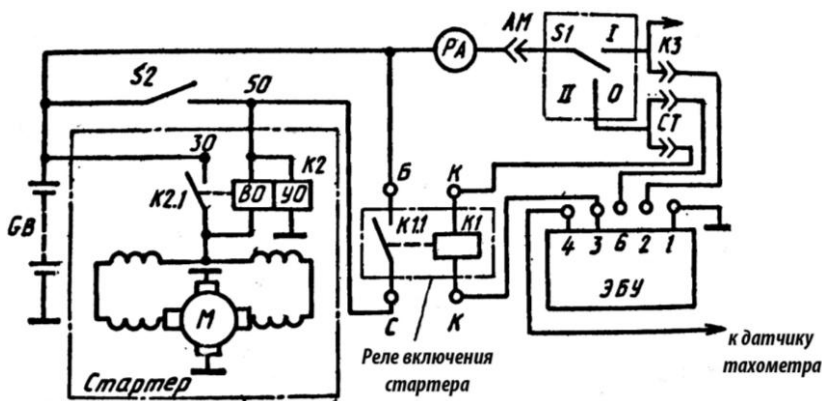


Рис. 4.12. Схема управления стартером СТ142-Б

Включатель стартера управляет работой реле включения стартера. Реле включения соединяет тяговое реле стартера с аккумуляторной батареей, разгружая включатель стартера от больших токов, потребляемых тяговым реле при включении. Тяговое реле обеспечивает ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключает стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее.

На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки со стороны привода, соединяя с помощью крепежных элементов.

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь 11 (рис. 4.13), воздействующий на шток 15 с подвижным контактным диском 4.

Два неподвижных контакта в виде контактных болтов 21 закрепляются в пластмассовой крышке 2.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка 13, рассчитанная только на удержание якоря 11 реле в притянутом к магнитопроводу 16 состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на массу. Втягивающая обмотка 13 подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласованно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем 11 и магнитопроводом 16 максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы.

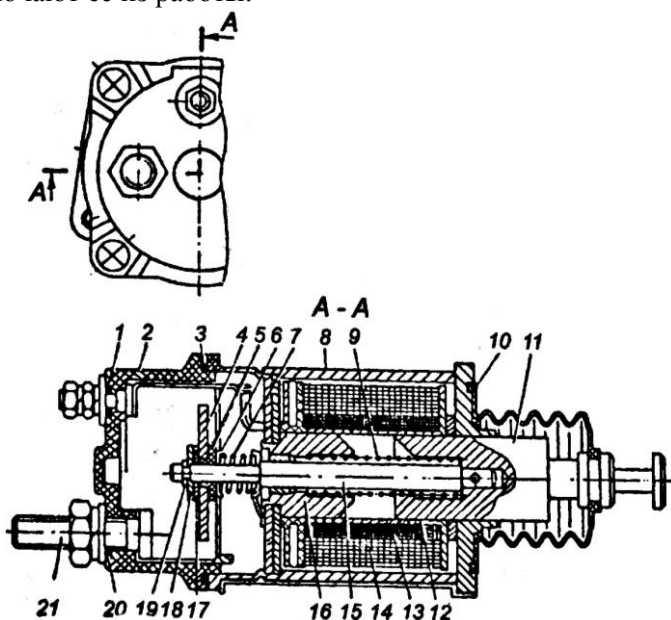


Рис. 4.13. Тяговое реле стартера СТ142-Б с неразделенной контактной системой: 1, 20 – резиновые уплотнительные шайбы; 2 – крышка реле; 3 – резиновое уплотнительное кольцо; 4 – контактный диск; 5 – изоляционная втулка; 6 – чашка; 7, 9 – пружины; 8 – корпус; 10 – резиновый сильфон; 11 – якорь реле; 12 – каркас катушки;

13, 14 – удерживающая и втягивающая обмотки соответственно; 15 – стальной шток; 16 – магнитопровод реле; 17 – изоляционная шайба; 18 – шайба; 19 – скоба; 21 – контактный болт

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через поводковую муфту. Его выполняют из полимерного материала или делают составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют клепкой или сваркой.

Работа тягового электромагнитного реле происходит следующим образом. При повороте ключа включателя  $S_1$  стартера (замка зажигания) в нефиксированное положение II (см. рис. 4.12) ток от аккумулятора подается на реле включения стартера К1. Контакты К1.1 реле замыкаются, и ток от аккумулятора поступает на обе обмотки тягового реле К2. Под действием намагничивающей силы двух обмоток якорь тягового реле втягивается в электромагнит, с помощью рычажного механизма вводит шестерню стартера в зацепление с венцом маховика и в конце хода, замыкая силовые контакты К2.1 тягового реле, включает цепь электроснабжения стартерного электродвигателя. Одновременно подвижный контактный диск замыкает накоротко втягивающую обмотку ВО тягового реле. Контакты тягового реле замыкаются раньше, чем шестерня привода полностью (до упора на валу якоря) войдет в зацепление. Однако как только якорь начинает вращаться и привод – передавать вращающий момент коленчатому валу двигателя, в винтовых шлицах вала и шлицевой втулки муфты свободного хода возникает осевое усилие, которое перемещает шестерню до упора и удерживает ее во включенном состоянии до тех пор, пока она является ведущей. В тех случаях, когда шестерня упирается в венец маховика, якорь реле, сжимая буферную пружину, продолжает двигаться и замыкает силовые контакты реле. Якорь стартера вместе с приводом начинает вращаться, и шестерня привода под действием буферной пружины и осевого усилия в винтовых шлицах входит в зацепление, как только зуб шестерни установится против впадины зубчатого венца маховика. Применение винтовых шлицев в сопряжении «вал якоря – направляющая втулка привода» позволяет уменьшить усилие притяжения и ход якоря электромагнита, что способствует снижению габаритных размеров, массы тягового реле и, следовательно, стартера в целом.

Шлицевое соединение вала якоря с приводом облегчает выход шестерни из зацепления. При работе двигателя маховик вращает шестерню, направление осевого усилия в шлицах меняется, и шестерня отжимается от маховика. Однако осевого усилия в шлицах недостаточно для преодоления силы притяжения электромагнита тягового реле, поэтому шестерня остается в зацеплении до тех пор, пока водитель не отключит реле включения стартера с контактами К1.1 от источника электроснабжения.

При размыкании контактов К1.1 (см. рис. 4.12) реле включения стартера на втягивающую и удерживающую обмотки поступает ток через замкнутые еще контакты К2.1 тягового реле, обмотки оказываются включенными последовательно, причем напряжение тока в витках удерживающей обмотки УО сохраняется прежним, а направление в витках втягивающей обмотки ВО меняется. Поскольку число витков в обеих обмотках одинаково и по ним протекает ток одинаковой силы, то, действуя встречно, эти обмотки создают два равных, но противоположно направленных магнитных потока. Магнитопровод электромагнита размагничивается, возвратная пружина выдвигает якорь из электромагнита, силовые контакты реле размыкаются. Возвратная пружина не только возвращает якорь тягового реле в исходное состояние, но и, воздействуя на рычаг включения привода, способствует выходу шестерни из зацепления с венцом маховика.

Включение в электрическую схему управления стартером электронного блока управления (ЭБУ) (см. рис. 4.12) позволяет автоматизировать процесс отключения стартера после запуска двигателя и предотвращает его повторное включение при работающем двигателе. Это достигается подсоединением ЭБУ к датчику тахометра (генератору). При работающем двигателе на его выходе будет электрический сигнал, по которому ЭБУ размыкает электрическую цепь реле включения стартера К1.

### **Диагностирование системы пуска**

Последовательность поиска неисправностей в системе пуска зависит от их характерных признаков. Если при включении стартера тяговое реле не срабатывает (нет характерного щелчка), то проверяют состояние АБ, электрические цепи реле включения стартера и тяго-

вого реле, состояние наконечников проводов и исправность включателя стартера (замка зажигания).

Если после срабатывания тягового реле коленчатый вал двигателя не проворачивается, то необходимо проверить аккумуляторную батарею и состояние клемм силовых проводов, а затем последовательно – состояние контактов подключения стартера в тяговое реле, надежность соединения корпуса стартера с «массой» ДВС, состояние коллектора, щеток и обмоток электродвигателя.

Вращение электродвигателя стартера при замыкании контактных шпилек на корпусе тягового реле проводом большого сечения указывает на его исправность.

Для проверки исправности тягового реле необходимо общий вывод его обмоток соединить с положительной клеммой аккумуляторной батареи минуя контакты реле включения стартера и включателя стартера (замка зажигания).

Исправность включателя стартера (замка зажигания) и целостность его цепей управления проверяют путем подключения обмотки реле включения стартера непосредственно к клемме «+» аккумуляторной батареи.

Если электродвигатель не развивает требуемой частоты вращения при пуске, его проверяют, сняв стартер с автомобиля.

При проверке на холостом ходу (вращение без нагрузки) измеряют частоту вращения якоря (тахометром) и потребляемый им ток  $I_{сх}$ . Эти параметры указаны в паспортных данных на стартер, и отклонение их величины от требуемых значений указывает на наличие механических потерь (качество сборки стартера).

В режиме полного торможения (шестерня стартера заблокирована) измеряют момент полного торможения (динамометром) и силу тока, потребляемую стартером  $I_{ст}$ . Эти параметры определяют состояние электрических и магнитных цепей стартера (межвитковое замыкание, замыкание на корпус). В этом режиме определяют также внутреннее сопротивление стартера

$$R_{ст} = U_{ст} / I_{ст}.$$

### **Оборудование рабочего места**

Для выполнения работы необходимы макеты следующих стартеров:

- с муфтой свободного хода и дистанционным управлением;
  - храповой муфтой и дистанционным управлением;
  - комбинированным приводом и дистанционным управлением;
  - дополнительным редуктором и постоянными магнитами на статоре;
- муфтой свободного хода, дополнительным редуктором и реле включения стартера, закрепленном на корпусе стартера (Bosch 001231002).

### **Содержание отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы и виды изученных стартеров;
- электрические схемы соединения обмоток стартеров и их электромеханические характеристики;
- виды механизмов привода и их применяемость на двигателях;
- преимущества и недостатки стартеров с дополнительными редукторами и постоянными магнитами на статоре;
- электрическую схему дистанционного управления стартером и назначение ее элементов.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение стартерной установки.
2. Что содержит стартерная установка с дистанционным приводом?
3. Какие приводы устанавливают на стартерах?
4. Как защищают обмотки якоря от выпадения при большой частоте вращения?
5. Что дает замена обмоток возбуждения статора на постоянные магниты?
6. Какие виды тяговых реле используют на стартерах?
7. Как обеспечивается полнота зацепления шестерни стартера с зубчатым венцом маховика?
8. Зачем в стартерах устанавливают дополнительные редукторы?
9. Как обеспечивается автоматическое отключение стартера после пуска двигателя?
10. Какова последовательность поиска неисправностей в системе пуска?



## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1	
Устройство, технические характеристики, установка на автомобилях аккумуляторных батарей.....	3
Лабораторная работа № 2	
Определение технического состояния и заряда аккумуляторных батарей .....	27
Лабораторная работа № 3	
Устройство и установка на автомобиле генераторных установок .....	40
Лабораторная работа № 4	
Система пуска двигателей внутреннего сгорания .....	58

Учебное издание

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ  
АВТОМОБИЛЕЙ**

Лабораторный практикум  
для студентов специальности  
1-37 01 02 «Автомобилестроение»

**С о с т а в и т е л ь**  
**БАБУК Владимир Яковлевич**

Редактор *Т. Н. Микулик*  
Компьютерная верстка *Д. К. Измайлович*

Подписано в печать 29.06.2012. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,64. Тираж 100. Заказ 1047.

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