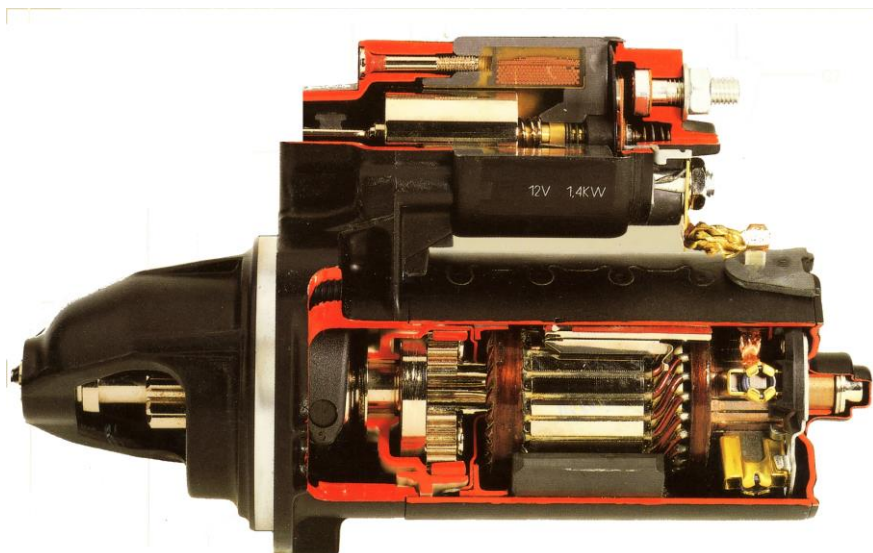


# Электрооборудование двигателя 1

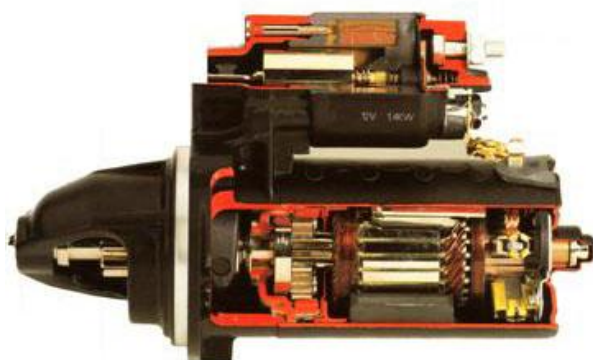


## Содержание

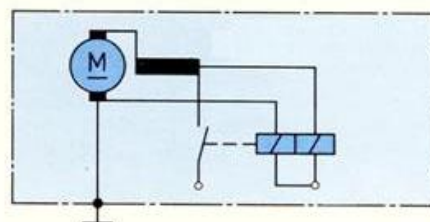
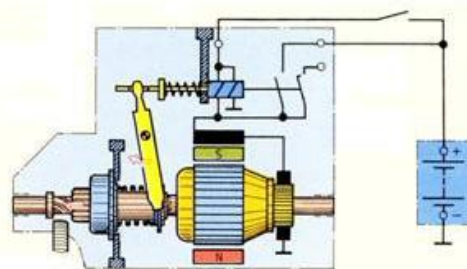
<b>Раздел</b>	<b>Страница</b>
Электродвигатель стартера .....	3
Способ подключения якоря электростартера .....	5
Поиск неисправностей.....	7
Энергетический баланс и система электроснабжения.....	8
Аккумуляторная батарея.....	9
Цикл зарядки .....	11
Генератор постоянного тока .....	13
Генератор переменного тока .....	14
Поиск неисправностей и обслуживание .....	15

## Электродвигатель стартера

Втягивающее реле

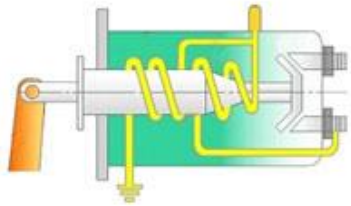


Электродвигатель стартера

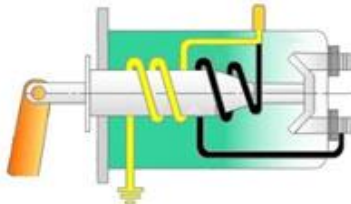


Электросхема стартера

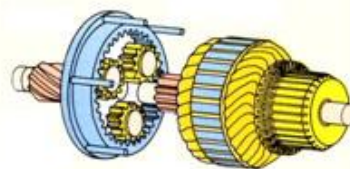
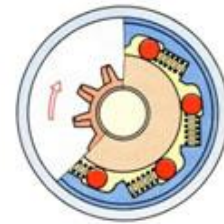
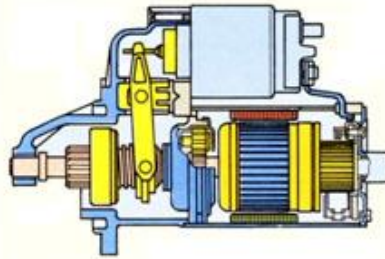
Система пуска преобразует электрическую энергию аккумуляторной батареи в механическое раскручивание коленчатого вала двигателя до частоты, при которой он начинает работать. Эта работа осуществляется электростартером. Частота вращения коленчатого вала, необходимая для его пуска, составляет примерно 60-100 об/мин для дизельных двигателей и 80-200 об/мин для бензиновых двигателей. Вместе с тем, частота вращения двигателя стартера намного больше той, что необходима для пуска двигателя. Система электропуска состоит из пяти основных элементов: выключателя зажигания, или кнопки пуска, предохранительного выключателя(-ей), если предусмотрено конструкцией, тягового реле стартера, электродвигателя стартера и аккумуляторной батареи. При повороте ключа зажигания в положение запуска двигателя или при нажатии кнопки пуска ток от аккумуляторной батареи питает тяговое реле, а затем через замкнутые контакты реле питание получает электродвигатель стартера. Если автомобиль оснащен датчиком нейтрального положения коробки передач или педали сцепления, для подачи питания к тяговому реле и запуска двигателя необходимо, чтобы в коробке была включена нейтральная передача. Реле стартера представляет собой электромагнитный выключатель, который крепится к электродвигателю. Под действием протекающего по обмоткам тягового реле тока возникает магнитное усилие, втягивающее якорь. Одновременно якорь тягового реле соединен рычагом с муфтой свободного хода и приводной шестерней электродвигателя стартера. Передвигаясь под действием рычага, шестерня входит в зацепление с зубчатым венцом маховика. Затем ток начинает питать обмотки электродвигателя. В результате взаимодействия магнитных полей, создаваемых этим током, крутящий момент от вала стартера передается маховику и производится пуск двигателя. Двигатель стартера представляет собой компактный, но достаточно мощный электромотор, который выдает большую мощность за короткий интервал времени. После того как водитель отпустил ключ зажигания, он возвращается в положение «зажигание». В этот момент тяговое реле отключается, а рычаг за счет действия возвратных пружин передвигает шестерню назад и выводит ее из зацепления с венцом маховика. Электродвигатель стартера быстро останавливается. Все, о чем говорилось на этой странице, относится к стартеру, оснащенному муфтой свободного хода (она применяется на большинстве легковых автомобилей). Но существуют электродвигатели с другими типами обгонных муфт: роликовой муфтой Bendix и храповой муфтой свободного хода. Общий принцип работы одинаков для всех типов.



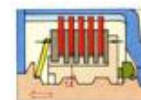
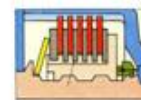
**Режим втягивания якоря реле**



**Режим удерживания якоря реле**



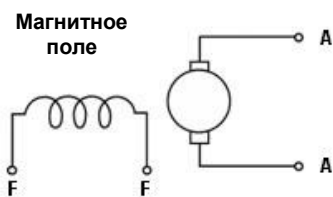
**Стартер с планетарным редуктором**



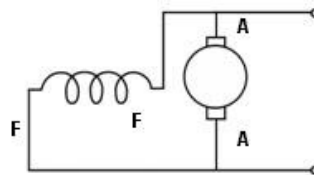
**Разные типы обгонных муфт**

При внимательном рассмотрении конструкции тягового реле можно заметить, что в нем используются две цепи управления. Их называют втягивающей и удерживающей обмотками. Для ввода шестерни в зацепление с зубчатым венцом маховика необходимое усилие достигается за счет подсоединения обеих обмоток к аккумуляторной батарее. До тех пор, пока шестерня не вошла полностью в зацепление, электродвигатель стартера вращается медленно, так как обе обмотки реле находятся под напряжением. Как только зацепление произошло, якорь тягового реле замыкает силовые контакты. В результате размыкается втягивающая обмотка, а удерживающая продолжает работать, предотвращая самопроизвольное смещение шестерни электродвигателя стартера. Теперь стартерный электродвигатель получает питание от аккумуляторной батареи напрямую, а не через обмотки реле, поэтому его частота вращения повышается и двигатель запускается. В некоторых стартерах устанавливается планетарный редуктор, увеличивающий его крутящий момент. Для предотвращения превышения частоты вращения якоря электродвигателя в электростартеры устанавливают защитный механизм. Обычно он представляет собой обгонную муфту, которая предотвращает передачу вращения от венца маховика на якорь двигателя, так как в обратном направлении шестерня якоря вращается свободно. Такое решение используется наиболее часто. Находит также свое применение и многодисковая обгонная муфта: при передаче крутящего момента от стартера к двигателю диски сжаты пружиной, поэтому стартер вращает коленчатый вал двигателя. После запуска двигателя муфта начинает проскальзывать, предотвращая поломку электродвигателя стартера.

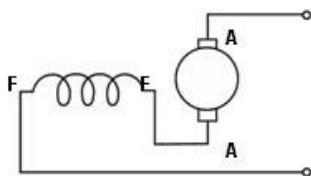
## Способ подключения якоря электростартера



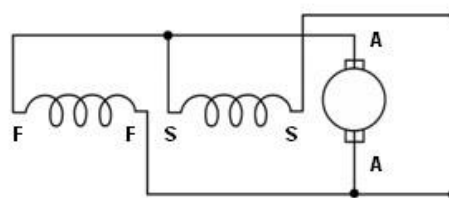
Внешнее возбуждение



Двигатель с параллельным возбуждением



Двигатель с последовательным возбуждением



Двигатель со смешанным возбуждением

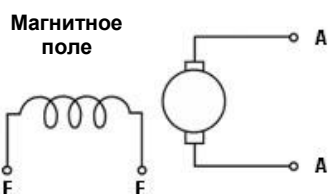
Существует несколько способов подключения электростартера к источнику питания. Рабочие характеристики стартера зависят от способа подключения цепи обмотки возбуждения по отношению к цепи якоря электродвигателя.

### Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением

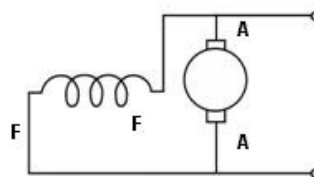
Обмотка возбуждения электродвигателя не подсоединяется к цепи якоря, так как подключается к независимому источнику питания. Такой тип электродвигателя встречается редко.

### Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением

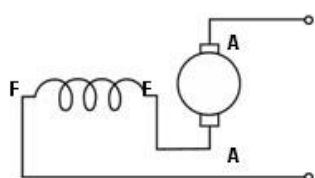
Двигатель называют так потому, что цепь обмотки возбуждения соединяется параллельно с цепью якоря, или, по-другому, шунтирована на якорь. Назначение двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением состоит в том, что он автоматически поддерживает постоянную скорость вращения якоря. Несмотря на то, что под нагрузкой двигатель несколько замедляется, он относится к двигателям постоянной частоты вращения. Такие двигатели применяются в автомобилях и в промышленном оборудовании там, где необходимо точное регулирование крутящего момента и частоты вращения якоря. С увеличением частоты вращения крутящий момент двигателей с параллельным возбуждением снижается. Это обусловлено падением напряжения на обмотке якоря и его реакцией. При частоте вращения якоря, превышающей примерно в 2,5 раза свое номинальное значение, его реакция резко возрастает, что приводит к ослаблению основного магнитного поля, быстрому падению момента и последующей остановке.



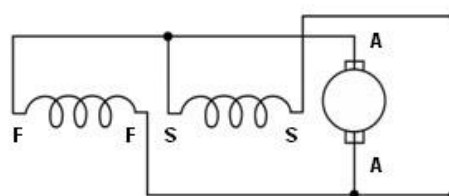
Внешнее возбуждение



Двигатель с параллельным возбуждением



Двигатель с последовательным возбуждением



Двигатель со смешанным возбуждением

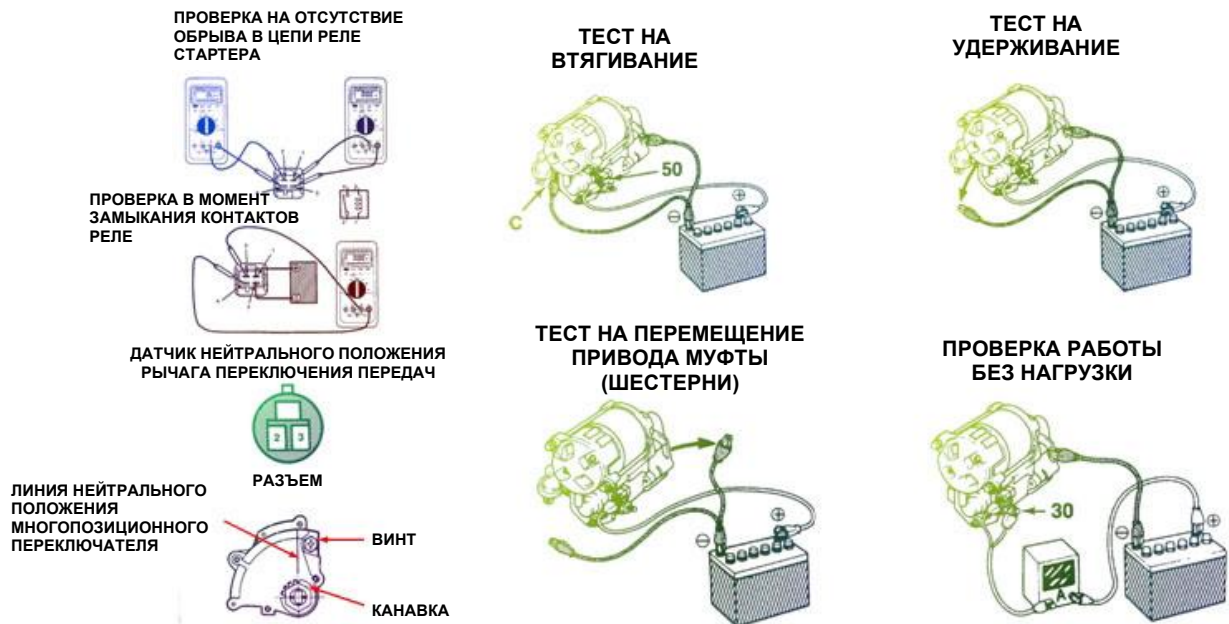
## Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением

У этих двигателей цепь обмотки возбуждения соединяется последовательно с цепью якоря. Основным преимуществом двигателя с последовательным возбуждением является то, что он выдает большой крутящий момент и может работать на низкой частоте вращения. Он лучше всего подходит для раскручивания тяжелых масс; зачастую применяются в качестве крановых моторов и двигателей лебедок, то есть там, где требуется медленно передвигать тяжелые массы и быстрее перемещать более легкие грузы. При последовательном соединении обмоток возбуждения и якоря по ним протекает одинаковый электрический ток. Скоростная характеристика двигателя с последовательным возбуждением от источника постоянного напряжения показана на рисунке слева. При снижении частоты вращения якоря его момент резко увеличивается. И, наоборот, при снижении нагрузки на валу двигателя его частота вращения быстро повышается. Поэтому работа двигателя без нагрузки не допустима, так как при ее отсутствии возникает превышение максимальной частоты вращения.

## Двигатель постоянного тока со смешанным соединением

В этом двигателе имеются две обмотки возбуждения. Одна из них подключена параллельно якорю, вторая — последовательно. На приведенной на рисунке схеме показан двигатель с согласным соединением обмоток, магнитная сила двух обмоток здесь складывается.

## Поиск неисправностей



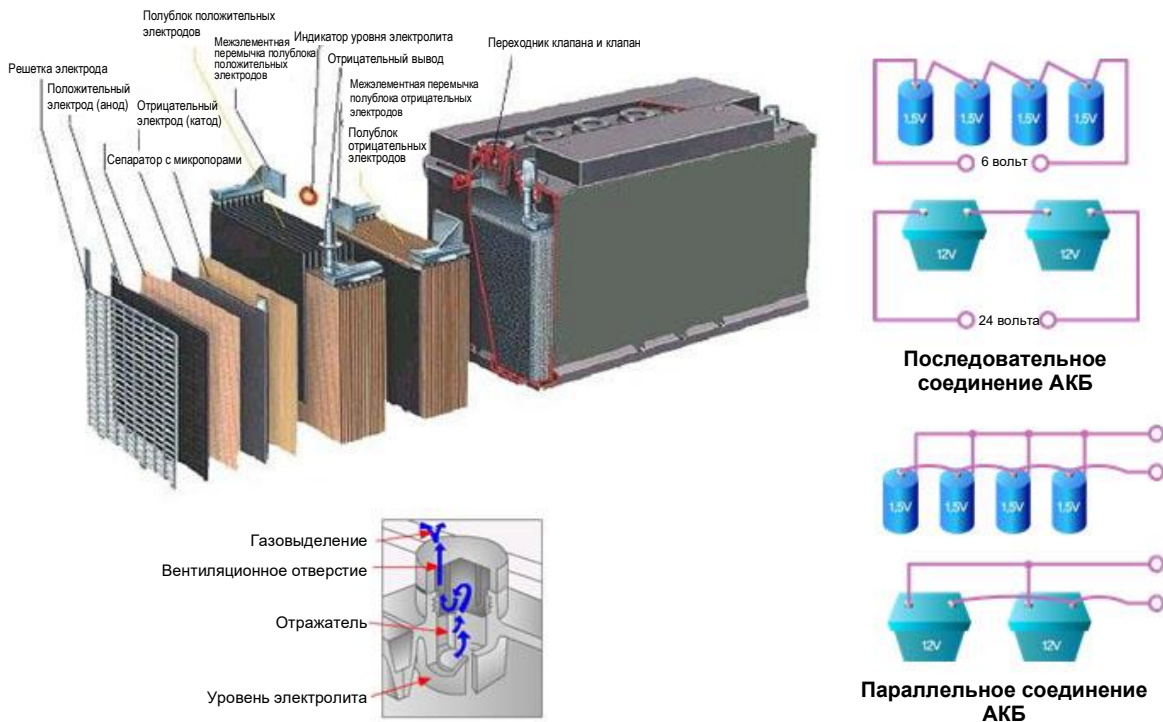
Помимо контроля исправности проводки замка зажигания, реле стартера и предохранительных выключателей выполняются такие важные проверки, как тесты на втягивание и удерживание якоря. Также проверяется работа стартера без нагрузки и легкость перемещения привода муфты. За более точной информацией по поиску неисправностей в системе электропуска следует обращаться к заводской инструкции каждого конкретного автомобиля.

## Энергетический баланс и система электроснабжения

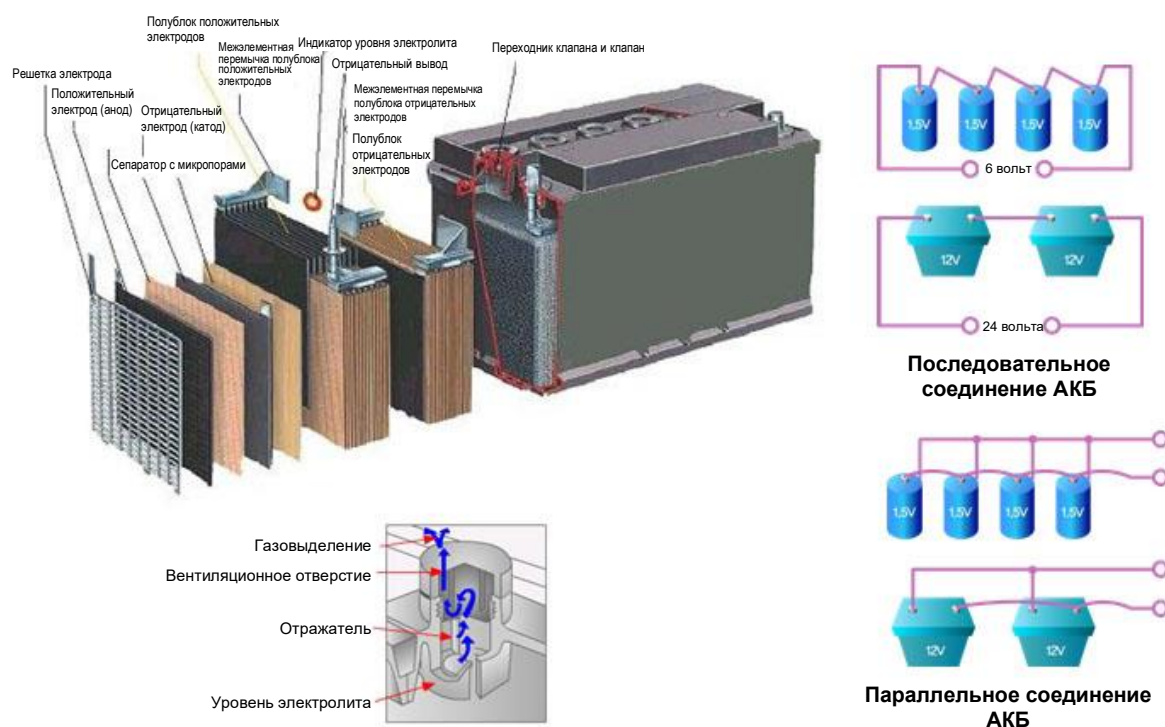


Система электроснабжения играет важную роль в электрической системе автомобиля. Она обеспечивает электроэнергией потребители, в том числе лампы, магнитола, отопитель, электрооборудование двигателя и т. д. Она также осуществляет зарядку аккумуляторных батарей в тот момент, когда это необходимо. Система электроснабжения обеспечивает стартер необходимой электроэнергией для пуска двигателя. Она состоит из трех основных компонентов: генератора, регулятора напряжения и аккумуляторной батареи. Важным является то, что размер и рабочая характеристика аккумуляторной батареи и генератора подобраны таким образом, что создают положительный энергетический баланс даже в условиях высоких электрических нагрузок. Генератор вырабатывает электрическую энергию постоянного тока, которая используется для работы потребителей и зарядки аккумуляторных батарей. Обычно он приводится во вращение от коленчатого вала двигателя с помощью ремня. Генератор преобразует механическую энергию двигателя в электрическую энергию, необходимую для работы всех электрических систем автомобиля и зарядки аккумуляторной батареи. Автомобильная аккумуляторная батарея запасает электроэнергию для электроснабжения стартера при пуске двигателя и других потребителей при неработающем двигателе или недостатке развиваемой генератором мощности. В связи с этим она устраняет перегрузки генератора и возможные перенапряжения в системе электрооборудования автомобиля.

## Аккумуляторная батарея

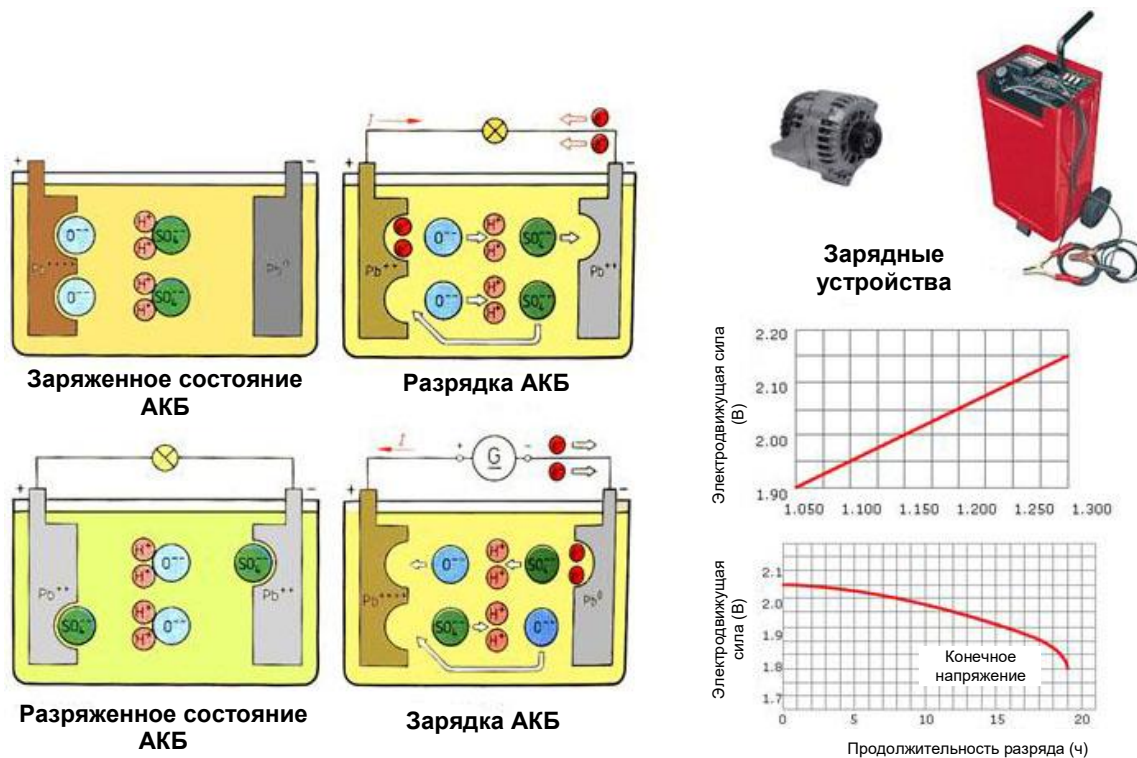


Аккумуляторная батарея является устройством, превращающим электрическую энергию в химическую в процессе заряда и обратно в электрическую при подключении потребителей. Она выполняет следующие основные функции: электроснабжение стартера и системы управления двигателем/системы зажигания при пуске ДВС, электроснабжение при неработающем двигателе таких потребителей, как индикатор включения стояночного тормоза, аудиоманитола и т. д., обеспечение питания всех потребителей при недостатке развиваемой генератором мощности (в момент пиковых нагрузок). В автомобилях применяются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. На рисунке представлено устройство типичной 12-вольтовой аккумуляторной батареи, которая состоит из 6 элементов, называемых аккумуляторами. Каждый элемент вырабатывает напряжение 2,1 вольт (номинальное значение). В аккумуляторной батарее 6 элементов соединены между собой. Каждый элемент, или аккумулятор, состоит из нескольких деталей. Среди них основными являются: положительная пластина (анод) с активной массой из двуокиси свинца, сепаратор с высокой пористостью для свободного доступа электролита (кислоты) к активной массе электродов, отрицательная пластина (катод) с активной массой из губчатого свинца и электролит для переноса электричества. Пластины, или электроды, погружаются в электролит, которым является раствор серной кислоты. Во время заряда или разряда аккумуляторной батареи в электролите возникает движение ионов между положительными и отрицательными электродами. Это создает возможность для протекания электрического тока во внешней цепи.

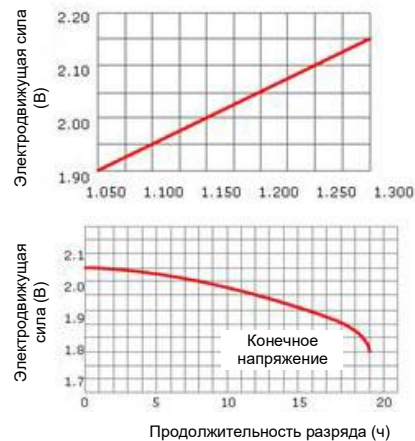
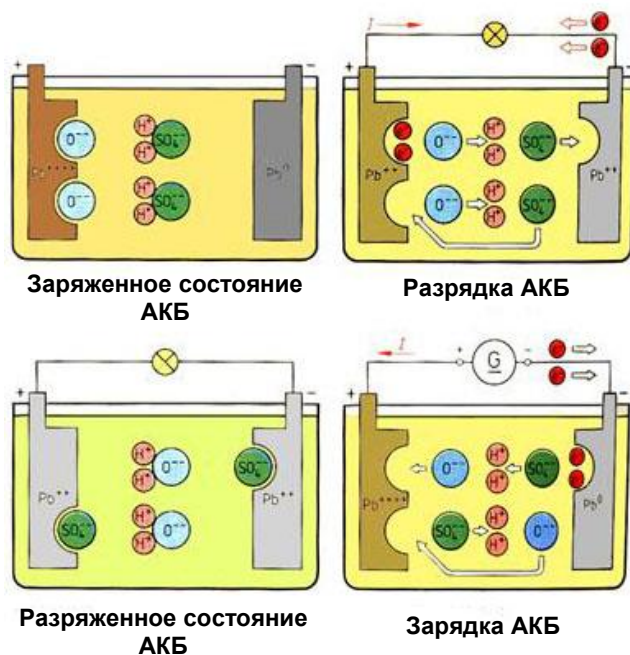


Кроме того, есть ряд дополнительных деталей, как, например, пробки, межэлементные перемычки и т. д. Пробки включают в себя вентиляционные отверстия для отвода газов, образующихся при зарядке. Конструкция пробок не позволяет выходить кислоте вместе с газами. При необходимости восстановления заданного уровня электролита доливают дистиллированную воду в отверстия, закрываемые пробками. Емкость аккумуляторной батареи (АКБ) выражается в ампер-часах. Если АКБ отдает ток, равный одному амперу (1 А) в течение одного часа, ее емкость составляет 1 А·ч. Если разрядный ток в 1 А АКБ отдает в течение 100 часов, ее емкость — 100 А·ч. Для унификации расчетов емкости АКБ ее измеряют при определенных внешних условиях. Вследствие протекания химических реакций внутри каждого элемента реальная емкость АКБ зависит от условий разряда, в том числе от значения разрядного тока, продолжительности процесса разряда, допустимого напряжения на выводах АКБ, температуры окружающего воздуха и других факторов. Производители АКБ используют стандартные методы расчета характеристик своих батарей. Разряд батареи постоянным током за интервал времени, например, 10 или 20 часов, прекращают при определенном конечном напряжении на одном элементе (аккумуляторе). Так, АКБ емкостью 100 А·ч может отдавать ток в 5 А в течение 20 часов при комнатной температуре. Разрядные характеристики зависят от величины разрядного тока. Если происходит слабый разряд, АКБ имеет более высокую разрядную емкость, а значит и эффективность, по сравнению с сильным разрядным током. При последовательном соединении двух батарей их напряжения суммируются. Поэтому для получения АКБ с напряжением 24 вольта, следует две батареи напряжением 12 вольт каждая соединить последовательно. В случае параллельного соединения двух АКБ общее напряжение будет равно напряжению каждой из них, но емкость увеличится.

## Цикл зарядки

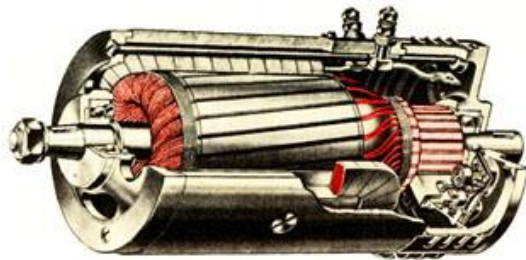


Плотность электролита полностью заряженной АКБ равна  $1,28 \text{ г/см}^3$  (в тропических странах она может составлять  $1,23 \text{ г/см}^3$ ). При низких температурах скорость прохождения химических реакций в АКБ уменьшается, что приводит к снижению емкости АКБ и ухудшению холодного пуска двигателя. Напряжение одного элемента заряженной АКБ составляет примерно 2,2 вольт. АКБ считается разряженной, если напряжение аккумулятора (элемента) снижается до 1,75 вольт. В последнем случае плотность электролита равна  $1,16 \text{ г/см}^3$ . Если АКБ заряжена, то положительные электроды содержат диоксид свинца  $\text{PbO}_2$ , отрицательные — губчатый свинец (Pb), а электролит представляет собой водный раствор серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Когда к АКБ подключают электрическую нагрузку, начинается химическая реакция. Молекулы серной кислоты в электролите диссоциируют на положительные ионы водорода и отрицательные ионы кислотного остатка и перемещаются к положительному и отрицательному электродам. В тоже время атомы кислорода, отдаваемые диоксидом свинца на положительном электроде, попадают в раствор электролита и соединяются атомами водорода с образованием воды  $\text{H}_2\text{O}$ . Перемещение ионов кислотного остатка к электродам и выделение атомов кислорода в электролит сопровождаются высвобождением энергии, которая используется для работы потребителей. В результате этой химической реакции плотность кислоты снижается, поэтому она является показателем степени заряженности АКБ. Когда АКБ полностью разряжена, на обоих электродах образуется сульфат свинца  $\text{PbSO}_4$  и раствор воды (поэтому разряженная батарея может замерзнуть). При зарядке АКБ происходит обратный процесс и  $\text{PbSO}_4$ , образованный на обоих электродах, превращается в двуокись свинца  $\text{PbO}_2$  и губчатый свинец Pb, а вместо воды вновь появляется серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

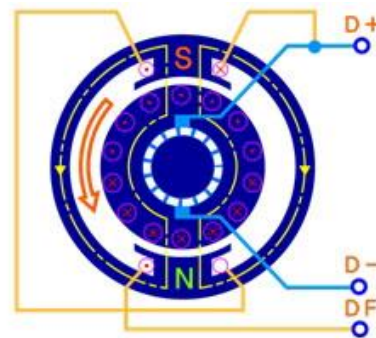


Полностью заряженная и разряженная АКБ — это два ее предельных состояния. Чаще всего, АКБ частично заряжена или разряжена. Например, АКБ может быть разряжена на 25%. Это означает, что химическая реакция затронула только 25% активной массы АКБ, а остальные 75% пребывают в исходном состоянии. Если АКБ полностью заряжена, но ее продолжают заряжать от источника тока, то в АКБ начинается выделение водорода (взрывоопасный газ!) вследствие разложения воды в электролите на кислород и водород. Это явление называют перезарядкой. То же самое происходит при пуске двигателя одного автомобиля от АКБ другого. Вследствие разряженности батареи первого автомобиля вторая АКБ получает высокий ток заряда, что может привести к обильному газовыделению. Любая искра (например, при отключении зажимов соединительных кабелей от батареи) вызывает взрыв. Свинцово-кислотные АКБ, которые применяются в автомобилях, не должны подвергаться сильному разряду. АКБ всегда должны быть заряжены, иначе их емкость падает и не восстанавливается в результате сильных разрядов и из-за сульфатации электродов. Необходимо соблюдать меры предосторожности, так как серная кислота — очень едкое и агрессивное вещество. В настоящий момент появляются АКБ, в которых в качестве электролита используется гель. Необходимо использовать надлежащее зарядное устройство, чтобы избежать повреждений АКБ, особенно это касается гелевых батарей. Так как при заряде АКБ может выделяться взрывоопасный газ, поблизости не должно быть источников пламени и искры. Кроме того, следует соблюдать все меры предосторожности при работе с АКБ, описанные в заводской инструкции.

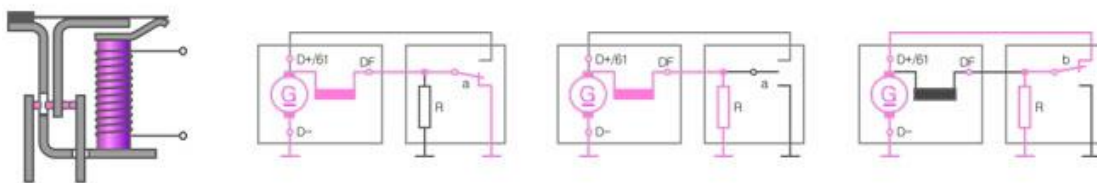
## Генератор постоянного тока (для справки)



Устройство генератора постоянного тока



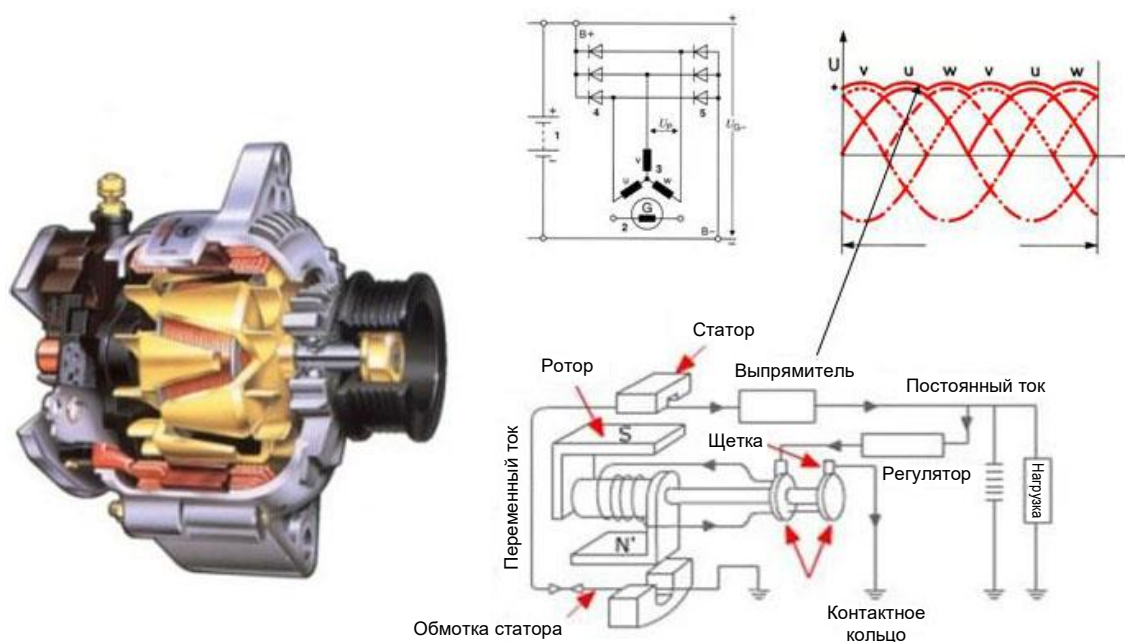
Электрическое подключение генератора постоянного тока



Регулирование напряжения

Первыми автомобильными генераторами были так называемые генераторы постоянного тока. Выпрямление тока достигалось в них конструктивно с помощью определенного расположения полюсных наконечников. Полюсные наконечники вместе со щеточным узлом называют коммутатором. Изменение направления тока обусловлено сменой направления магнитного поля. Вместе с тем, благодаря чередованию разных полюсов в коммутаторе (плюса и минуса), ток оставался постоянным и заряжал АКБ. В настоящее время генераторы постоянного тока не применяются. Вместо них устанавливаются генераторы переменного тока. Преимуществом последних служит высокая надежность и мощность. Раньше применяли механический регулятор напряжения, который позволял регулировать выходное напряжение генератора, предотвращая таким образом перезарядку АКБ. Он реагирует на изменение степени заряженности батареи и электрической нагрузки в бортовой сети и корректирует напряжение генератора. Регулятор напряжения изменяет силу тока в обмотке возбуждения (магнитный поток), что приводит к изменению выходного напряжения генератора. Это достигается прохождением тока возбуждения напрямую от источника или через резистор, или отключением обмотки возбуждения. Так как эта система не применяется на автомобилях уже многие годы, не станем рассматривать ее более подробно. Вместо этого обратим внимание на конструкцию генератора переменного тока, который получил широкое распространение на современных автомобилях.

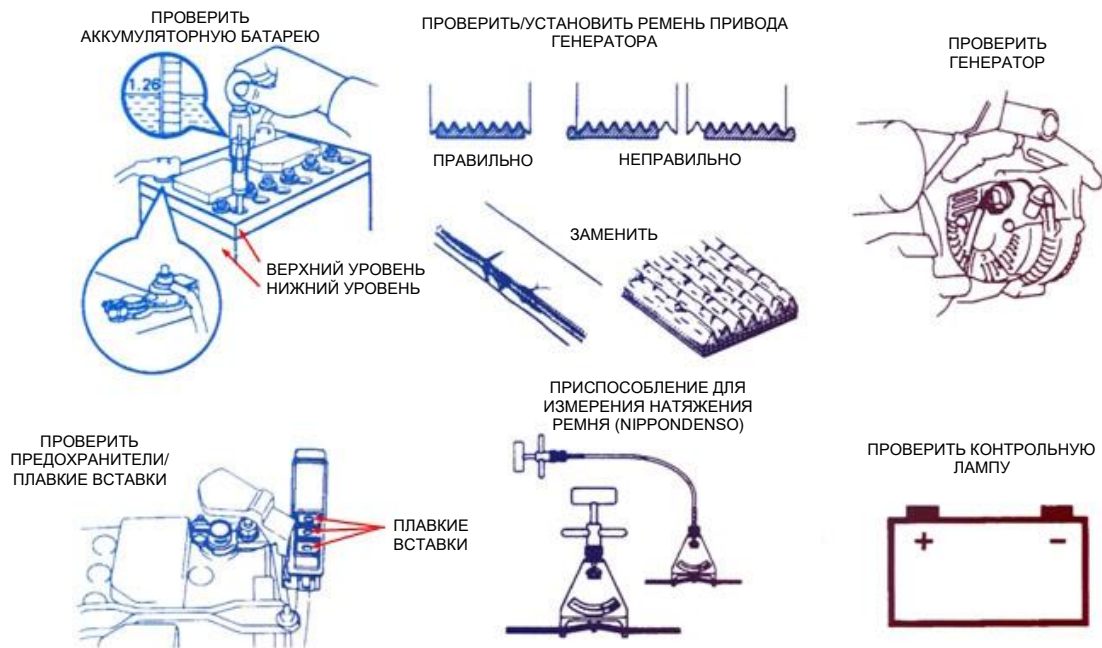
## Генератор переменного тока



Устройство генератора и схема его работы

В настоящее время применяется трехфазный генератор со встроенным выпрямителем, состоящим из 6 диодов. Подробнее рассмотрим его во второй части учебного пособия. Поскольку шкив генератора приводится во вращение от шкива коленчатого вала, магнит ротора поворачивается вокруг трехфазной обмотки неподвижного статора. Обычно фазные обмотки соединены в звезду. Магнит ротора представляет собой электромагнит. В конструкции генераторов предусмотрена регулировка силы тока возбуждения (магнитного потока), поэтому выходное напряжение не зависит от частоты вращения ротора. Обмотка возбуждения ротора (обмотка электромагнита) подключается к АКБ, поэтому для получения высокой выходной мощности требуется небольшой электрический ток возбуждения. Ток к обмотке возбуждения ротора подводится через угольные щетки, прижатые к двум медным контактным кольцам, установленным на валу. Щетки постоянно прижаты к кольцам ротора пружинами. Большинство современных генераторов имеют встроенный регулятор напряжения, который автоматически подключает и отключает обмотку возбуждения к АКБ, тем самым регулируя выходное напряжение генератора. В ходе изучения генератора цепь регулятора, если она в нем есть, будет бесполезна и поэтому только усложнит суть понимания его работы. Поэтому ее можно «удалить», оставив доступ к контактам щеток. Это позволит подвести к обмотке возбуждения ток от источника питания, когда генератор будет собран. Некоторые генераторы оснащаются шкивами, установленными на обгонной муфте, которая позволяет снизить вибрации от приводного ремня. Эти вибрации обусловлены тем, что двигатель внутреннего сгорания не имеет постоянной частоты вращения, пульсации которой связаны со сгоранием топливовоздушной смеси в цилиндрах.

## Поиск неисправностей и обслуживание



Регулярная проверка системы зарядки имеет крайне важное значение, так как даже небольшие нарушения ее работы могут привести к выходу автомобиля из строя. Прежде всего проверяется и регулируется уровень и плотность электролита (это возможно не на всех типах аккумуляторных батарей), а также натяжение ремня привода генератора. В некоторых случаях при неисправностях системы может потребоваться проверка напряжения генератора.

Примечание: принцип действия силового выпрямителя и других компонентов, а также методы их проверки описаны во второй части учебного пособия, посвященного электрооборудованию.