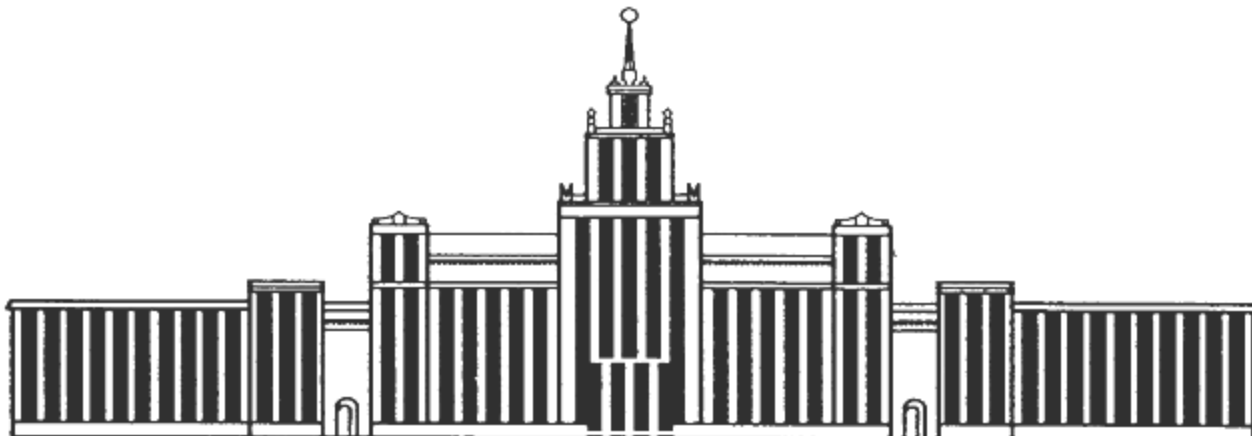


---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---



---

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

00(00)  
M000

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Лабораторный практикум

---

Челябинск  
2013

---

**ББК Ч48+Ч61**

**И724**

Лабораторный практикум «Система электроснабжения автомобиля» / авторы: В.А. Калмаков, А.А. Андреев., под ред. А.Г. Возмилова, Р.Ю. Илимбетова – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 27 с.

Предназначена для студентов специальностей Автотракторного факультета по разделу «Электрооборудование автомобилей и тракторов».

**ББК Ч48+Ч61**

**© Издательский центр ЮУрГУ, 2013**

## Лабораторная работа № 1–1

**Цель работы:** изучить назначение и конструкцию автомобильной системы электроснабжения. Ознакомиться с методикой стендовых испытаний генераторной установки (ГУ). Снять основные характеристики ГУ. Рассмотреть классификацию, принципы работы и характеристики регуляторов напряжения. Изучить конструкцию и основные параметры автомобильной стартерной АКБ.

### Программа выполнения работы:

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.

1.1. Используя учебники и учебные пособия, методические указания к настоящей лабораторной работе, а также доступный справочный материал:

– ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и основными характеристиками стартерных АКБ;

– ознакомиться с назначением и принципом действия трехфазного автомобильного генератора;

– ознакомиться с классификацией и принципом работы регуляторов напряжения;

– изучить устройство автомобильных ГУ, назначение их узлов и элементов, основные технические характеристики;

1.2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

3. Выполнить лабораторную работу следуя методическим указаниям.

4. Оформить отчёт по лабораторной работе.

## Методический материал к лабораторной работе

### 1. Системы электроснабжения

*Автомобильные системы электроснабжения* – это совокупность оборудования, в зависимости от типа автомобиля выполняющая функции хранения, производства электрической энергии необходимого качества, распределения и передачи её потребителям.

На автомобилях и электромобилях применяют системы электроснабжения постоянного тока. В систему электроснабжения могут входить:

- источники электрической энергии (генератор, аккумуляторная батарея (АКБ));
- регулирующие устройства (регулятор напряжения и др.);

- коммутационная аппаратура, элементы контроля и защиты (электромагнитные реле, токовые реле, предохранители);

На автомобилях используют 2 основных типа АКБ: стартерные (основная функция – питание стартера для пуска ДВС) и тяговые.

Электромобиль использует тяговую АКБ как основной источник энергии, её заряд производится за счёт внешних источников энергии и рекуперации.

В автомобиле с ДВС основным источником электрической энергии в системе электроснабжения является генератор переменного тока с выпрямителем, который приводится во вращение от двигателя внутреннего сгорания.

*Основное требование к системе электроснабжения* – надежное обеспечение потребителей электрической энергией в различных условиях эксплуатации автомобиля.

Режим работы потребителей электроэнергии на автомобиле характеризуется широким диапазоном и случайным характером нагрузки. Скоростной режим работы генератора, ротор которого приводится во вращение от двигателя, также имеет случайный характер. При этом даже при частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей режиму холостого хода, генератор должен развивать мощность, достаточную для электроснабжения электронной системы впрыскивания топлива, системы зажигания, информационно-измерительной системы, габаритных огней и фонарей освещения номерного знака.

Кроме электроснабжения потребителей, входящих в систему электрооборудования автомобиля, генератор должен обеспечивать заряд аккумуляторной батареи при работающем двигателе. Выходные параметры генераторной установки выбираются таким образом, чтобы на любых режимах движения автомобиля не происходил прогрессивный разряд аккумуляторной батареи.

Параллельная работа генератора с аккумуляторной батареей связана со случайным характером распределения нагрузки между ними. Аккумуляторная батарея на автомобиле выполняет функции как источника, так и потребителя электрической энергии.

Для приведенной структурной схемы справедлива следующая взаимосвязь токов при различных соотношениях напряжений генератора и аккумуляторной батареи:

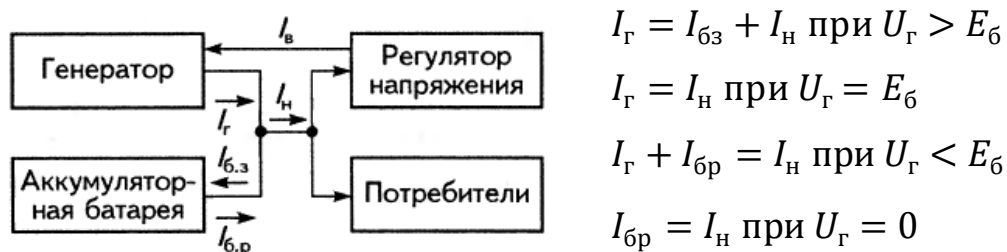


Рис. 1

где  $I_{\Gamma}$  – ток генератора;  $I_{бз}$  – ток, потребляемый батареей при заряде;  $I_{Н}$  – ток, потребляемый потребителями;  $U_{\Gamma}$  – напряжение генератора ;  $E_{б}$  – ЭДС АКБ;  $I_{бр}$  – ток, отдаваемый батареей при разряде.

При наличии электронных устройств особые требования предъявляют к характеру изменения выходного напряжения генераторной установки. Импульсное напряжение возникает в системе электроснабжения как при нормальных режимах работы в результате действия переключающих устройств (диодов выпрямителя и транзисторов регулятора напряжения), так и в аварийных режимах, например, при внезапном отключении аккумуляторной батареи. Кратковременные импульсы напряжения в системе электроснабжения не должны превышать 150 В.

**Надежность функционирования системы электроснабжения** в значительной степени предопределяет безопасность движения автомобиля. Система электроснабжения должна выполнять заданные функции, сохраняя требуемые эксплуатационные показатели в заданных пределах, при заданных режимах и условиях работы в течение требуемого периода времени.

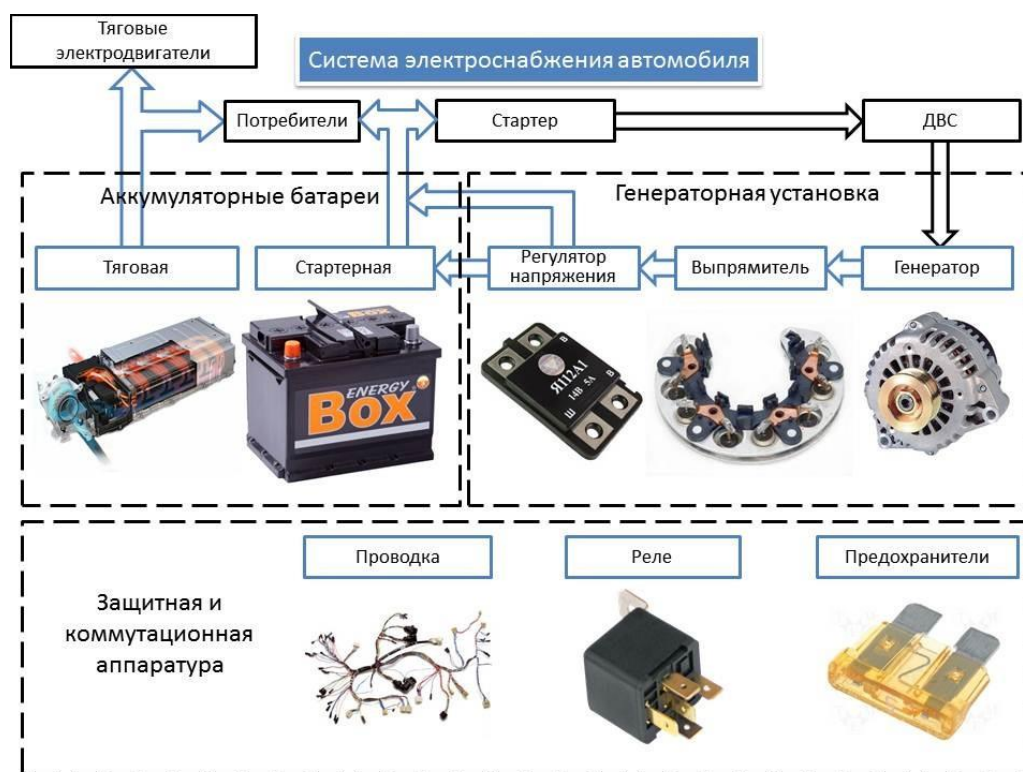


Рис. 2

### Требования, условия.

В автомобильных системах электрооборудования аккумуляторные батареи играют роль химического источника запасенной электрической энергии, вырабатываемой генератором переменного тока. Аккумуляторная батарея должна быть способна давать ограниченный по продолжительности, но высокий по значению ток, предназначенный для запуска двигателя (особенно при низких температурах), и обеспечивать все другие важные компоненты системы электрической энергией в течение ограниченного времени работы двигателя на холостом ходу или при его выключении. Свинцовые аккумуляторные батареи представляют собой обычное средство для удовлетворения этих потребностей. Типичными напряжениями систем являются 12 В на легковых автомобилях и 24 В на грузовых автомобилях для перевозки универсальных тяжеловесных грузов, что достигается последовательным соединением двух двенадцати вольтовых аккумуляторных батарей. Аккумуляторные батареи специально разрабатывают в целях удовлетворения отдельных требований по мощности пуска двигателя, емкости и величине тока при температурах от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Существуют дополнительные требования для необслуживаемых аккумуляторных батарей, аккумуляторных батарей с защитой от вибраций.

Режим работы аккумуляторной батареи на автомобиле характеризуется температурой электролита, уровнем вибрации и тряски, периодичностью,

объемом и качеством технического обслуживания, параметрами стартерного разряда, силой токов и продолжительностью разряда и заряда при циклировании, уровнем надежности и исправности электрооборудования, продолжительностью работы и перерывов в эксплуатации.

Минимальный срок службы батарей обычной конструкции и с общей крышкой в эксплуатации должен составлять 1 год при наработке транспортного средства в пределах этого срока не более 150 тыс. км пробега или 2 года при наработке транспортного средства в пределах этого срока не более 90 тыс. км пробега. Минимальный срок службы или наработка батареи в эксплуатации считается до момента снижения емкости ниже 40% от номинальной или снижения продолжительности стартерного разряда ниже 1,5 мин при температуре электролита  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  до конечного разрядного напряжения 4,5 В для 6-вольтных батарей и 9,0 В для 12-вольтных батарей.

### Классификация.

На автомобилях в качестве стартерных применяются свинцовые аккумуляторные батареи. По конструктивно- функциональному признаку различают батареи:

- обслуживаемая – в моноблоке с ячеечными крышками (для долива электролита) и межэлементными перемычками над крышками;
- малообслуживаемые - в моноблоке с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой.
- необслуживаемые – с общей крышкой, не требующие технического обслуживания в эксплуатации.
- необслуживаемые с элементами рулонного типа – с общей крышкой, не требующие технического обслуживания в эксплуатации, электроды представляют собой элемент свёрнутый в рулон.



Рис. 3

## Маркировка.

По ГОСТу 959-2002 на каждой АКБ должно быть нанесено:

- товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;
- условное обозначение батареи;
- знаки полярности: плюс «+» и минус «-»;
- дата изготовления – месяц, год;
- номер НД (нормативного документа) на данную батарею;
- номинальная емкость в ампер-часах (А.ч);
- номинальное напряжение в вольтах (В);
- ток холодной прокрутки в амперах (А);
- масса батареи (если она 10 кг и более);
- знаки безопасности;
- символ переработки.

По EN на каждой АКБ должно быть нанесено: тип; номинальная емкость; ток холодной прокрутки по EN; знаки мер безопасности; SAE условное обозначение; ток холодной прокрутки по SAE и DIN; номинальное напряжение;



а)



б)



в)



Рис. 4

Аккумуляторные батареи являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно. Активные вещества, израсходованные в процессе разряда, восстанавливаются при последующем заряде. При протекании разрядной химической реакции в аккумуляторе отрицательный электрод окисляется, положительный восстанавливается.

В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют диоксид свинца  $PbO_2$  (окислитель) положительного электрода, губчатый свинец  $Pb$  (восстановитель) отрицательного электрода и электролит – водный раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ . При полностью заряженном аккумуляторе доля серной кислоты в электролите составляет 38%, а остальная его часть приходится на дистиллированную воду. Активные вещества электродов представляют собой относительно жесткую электропроводящую массу с диаметром пор 1–5 мкм у диоксида свинца и 5–10 мкм у губчатого свинца. Объемная пористость активных веществ в заряженном состоянии составляет около 50 %.

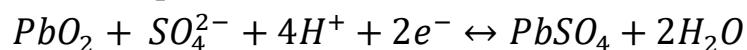
Чтобы снизить опасность от вылившегося из батареи электролита, применяют средства, снижающие его текучесть. К электролиту могут быть добавлены вещества, которые превращают его в гель. В частности, для этого используется кремниевая кислота.

Другим способом снижения подвижности электролита является применение стекломатов в качестве сепараторов. Стеклومات удерживают электролит, предотвращая его вытекание при повреждении батареи.

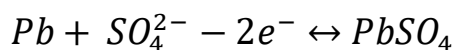
Когда гальванический элемент разряжается,  $PbO_2$  и  $Pb$  при взаимодействии с  $H_2SO_4$  образуют сернокислый свинец ( $PbSO_4$ ). Электролит отдаёт ионы  $SO_4$  и его плотность уменьшается. Когда гальванический элемент разряжается, активная масса  $PbO_2$  и  $Pb$  восстанавливаются из  $PbSO_4$ .

Основные процессы, проходящие на электродах, описывают реакции:

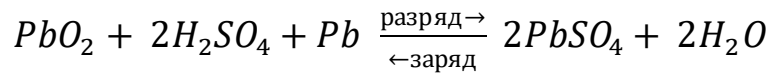
Положительный электрод:



Отрицательный электрод:



Суммарная реакция в свинцовом аккумуляторе имеет вид:



Номинальная плотность электролита изменяется в зависимости от степени заряженности аккумуляторной батареи: при разряде плотность уменьшается до 1,08...1,12г/см<sup>3</sup>, а при заряде увеличивается до 1,26...1,3г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1

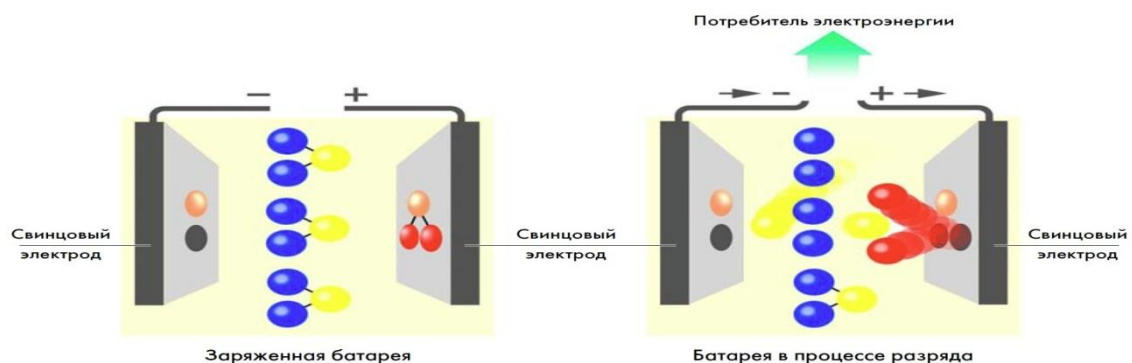
Плотность электролита, г/см <sup>3</sup>	Степень заряженности, %	ЭДС, В
1,28	100	12,7
1,21	60	12,3
1,18	40	12,1
1,10	0	11,7

Степень разряженности свинцово-кислотной АКБ определяется по формуле:

$$\Delta C_p = \frac{\gamma_z - \gamma_{эл}}{\gamma_z - \gamma_p} * 100\%$$

$\gamma_z, \gamma_p$  – Плотность электролита заряженного и разряженного аккумуляторов при температуре 25° С.

$\gamma_{эл}$  – Плотность электролита при измерении, приведённая к температуре 25° С.



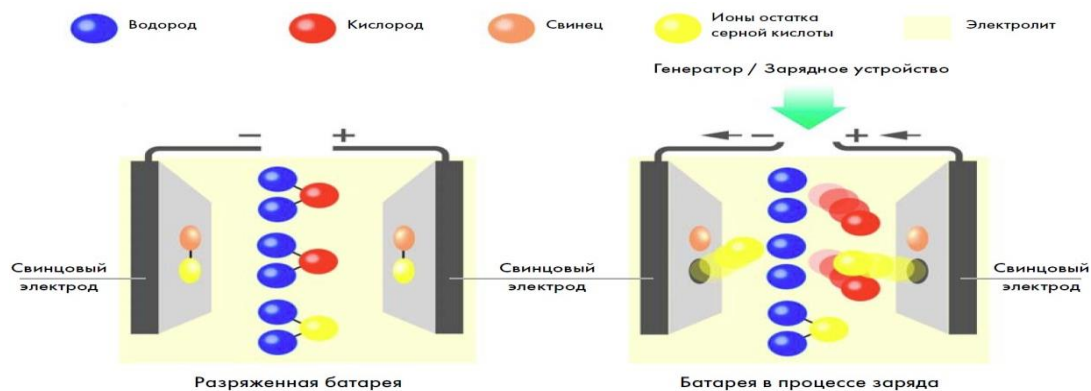


Рис. 5

### Устройство свинцово-кислотной АКБ.

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

Корпус батареи представляет собой моноблок, разделённый на секции, и накрытый крышкой. Положительные и отрицательные электроды соединены бареткой в полублоки. При сборке в блок между электродами устанавливают сепараторы. Блоки электродов опускаются в секцию моноблока и соединяются между собой межэлементными переключками, которые в зависимости от конструкции батареи могут быть снаружи или внутри крышки. Борн, который служит наружным токоотводом аккумулятора, последовательно соединяет соседние аккумуляторы между собой в батарею. К выводным борнам крайних аккумуляторов батареи привариваются полюсные выводы, служащие для соединения батареи с внешней электрической цепью. В каждую из секций моноблока батареи заливается электролит через отверстия в крышке закрытые пробками (рисунок 1).

**Пластины электродов** выполнены в виде решетки, отлитой из сплава свинца и сурьмы. В стартерных свинцовых батареях положительные и отрицательные электроды имеют решетку с нанесенной на нее активной массой. В полностью заряженной свинцовой батарее активным веществом положительных электродов является диоксид свинца  $PbO_2$  (темно-коричневого цвета), а отрицательных - губчатый свинец  $Pb$  (серого цвета).

Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активной массе при ее заряде и токоотвода при ее разряде, а также механического удержания активной массы. Одинаковые по конструкции решетки положительных и отрицательных электродов имеют уши, рамку с вертикальными рёбрами и горизонтальными жилками, опорные ножки. Толщина решеток электродов зависит от режимов работы и установленного

срока службы батареи. Решетки отрицательных электродов имеют меньшую толщину, так как они менее подвержены коррозии. Масса решетки составляет до 50% массы электрода.

Освинцованная сетка металлической решетки с увеличенной поверхностью имеет лучшее сцепление с активным веществом электрода, уменьшая действие коррозии и увеличивая срок службы батареи.

Электроды в блоках разделены **сепараторами**, которые, предотвращая короткое замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междуэлектродном пространстве и возможность переноса электрического заряда от одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют положение электродов, предупреждая их перемещение при тряске и вибрации (рисунок 2).

В некоторых конструкциях аккумуляторных батарей блок электродов крепится дополнительно к баретке с помощью полиуретана, что значительно повышает стойкость аккумуляторной батареи к вибрации.

Технические показатели сепараторов существенно влияют на работу свинцовой аккумуляторной батареи. От омического сопротивления сепараторов зависит внутреннее падение напряжений в аккумуляторной батарее. Сепараторы замедляют оплывание активной массы положительных электродов, скорость сульфатации отрицательных электродов, продлевая срок службы аккумуляторной батареи. Сепараторы должны обладать высокой пористостью, достаточными механической прочностью, кислотостойкостью, эластичностью, минимальной гигроскопичностью при длительном хранении аккумуляторной батареи в сухозаряженном состоянии и должны сохранять свои свойства в широком диапазоне температур. Сопротивление сепаратора, пропитанного электролитом, должно быть меньше, чем сопротивление такого же по объему и геометрическим размерам слоя электролита.

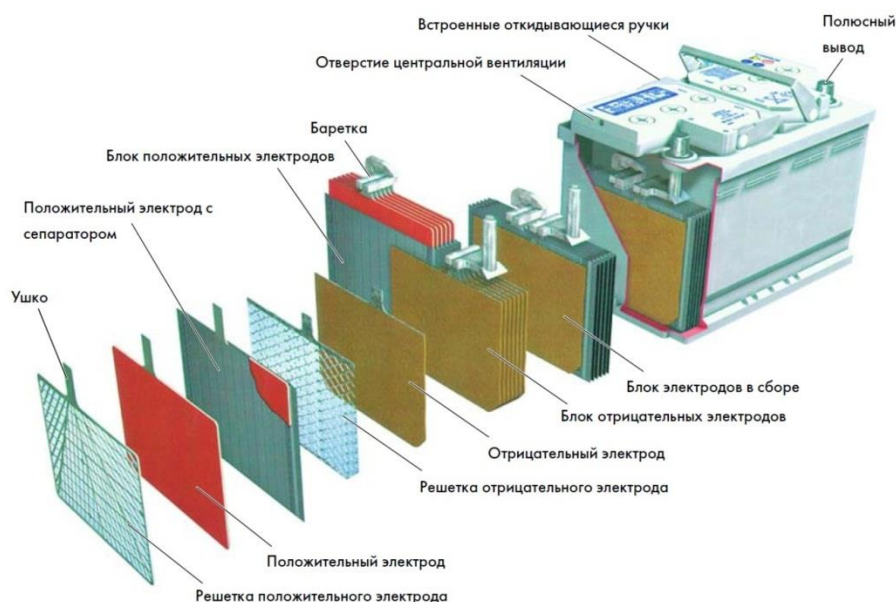


Рис. 6

**Электролит** готовится из серной кислоты (ГОСТ 667-73) и дистиллированной воды (ГОСТ 6709-72). От химической чистоты электролита зависят характеристики и срок службы батареи. Концентрированная серная кислота представляет собой прозрачную жидкость без цвета и запаха плотностью  $1,83 \text{ г/см}^3$ , в которой содержится 94% чистой серной кислоты. Температура заливаемого в аккумуляторы электролита должна быть в пределах  $15\text{-}30^\circ\text{C}$ . В зависимости от климатических районов эксплуатации в батареи заливают электролит различной плотности, от которой зависит температура его замерзания.

**Напряжение аккумулятора** отличается от его ЭДС на величину падения напряжения во внутренней цепи при прохождении тока. При разряде напряжение на аккумуляторе меньше, а при заряде больше ЭДС. Напряжения при разряде  $U_p$  и заряде  $U_3$  :

$$U_p = E - I_p r = E - E_{\Pi} - I_p r_0$$

$$U_3 = E + I_3 r = E + E_{\Pi} + I_3 r_0$$

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

**Изменение напряжения  $U_3$  аккумулятора при его заряде** показано на рис.1. По мере возрастания напряжения до  $2,4\text{В}$  происходит восстановление активных веществ. Затем, при уменьшении потенциала отрицательного электрода ( $\varphi_-$ ) ниже нуля, напряжение аккумулятора начинает резко возрастать (участок *a*), что приводит к снижению силы зарядного тока ("эффект запираения", который обеспечивает возможность при постоянстве зарядного напряжения автоматически снижать силу зарядного тока). Начало газовыделения соответствует нулевому значению

потенциала. Энергия заряда идет на разложение воды на водород и кислород, которые выделяются в виде пузырьков газа. Часть положительных ионов водорода, выделяющихся при заряде на отрицательном электроде, нейтрализуется электронами, а избыток ионов накапливается на поверхности электрода и создает перенапряжение до 0,33В. Напряжение в конце заряда повышается до 2,6–2,7В и при дальнейшем заряде остается неизменным (участок б). Постоянство напряжения в течение 1–2ч заряда и обильное газовыделение являются признаками конца заряда.

**Изменение напряжения  $U_p$  аккумулятора при его разряде** с учетом потенциалов его электродов показано на рис.2. При разряде аккумулятора током постоянной силы в единицу времени расходуется определенное количество активных веществ. Плотность электролита уменьшается по линейной зависимости, снижая ЭДС и напряжение аккумулятора. К концу разряда слой сульфата свинца уменьшает активную площадь электродов, увеличивая их сопротивление. Батареи разряжаются только до конечного напряжения  $U_{к.р.}$  соответствующего перегибу разрядной характеристики. Разряд прекращается, хотя активная масса израсходована не полностью. Дальнейший разряд вреден для аккумулятора.

Напряжение на выводах батареи при разряде зависит от силы разрядного тока (рис. 3) и температуры электролита.

**Аккумуляторные батареи можно заряжать от любого источника** постоянного тока с напряжением большим, чем напряжение заряжаемой батареи. Для любого момента заряда:

$$I = \frac{U_{ист} - U_6}{R}$$

где  $U_{ист}$  — напряжение источника тока, В;  $U_6$  — напряжение батареи, В;  $R$  — общее сопротивление зарядной цепи, Ом.

Различают два основных способа заряда:

**I) Заряд при постоянном токе** (рис.4,а) характеризуется сравнительной простотой зарядного устройства и удобством расчета количества электричества, сообщенного батарее, как произведение тока и времени заряда. Однако, при малом токе время заряда велико, а при большом токе к концу заряда ухудшается заряжаемость и наблюдается значительное повышение температуры электролита, что снижает срок службы аккумуляторных батарей.

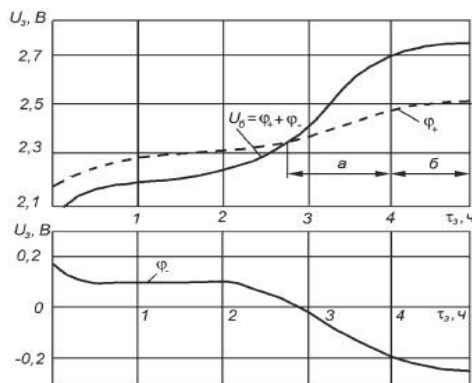
**II) Заряд при постоянном напряжении** характеризуется тем, что в первый момент зарядный ток достигает больших значений (рис.4,б). Для полностью разряженных батарей он может составлять (1...1,5)С20. В

процессе заряда, когда напряжение батареи постепенно возрастает, сила тока понижается и к концу заряда становится заметно меньше, чем при заряде постоянным током. Недостатком этого метода является перегрев аккумулятора из-за большого начального тока.

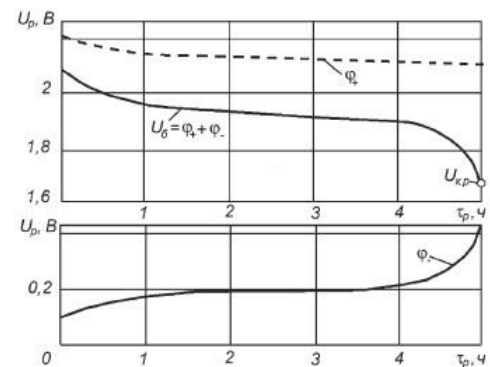
Для преодоления недостатков, присущих основным способам заряда используются комбинированные способы заряда:

**Заряд ступенчатым током** проводят сначала при номинальном токе до заданного конечного напряжения, затем снижают ток в 2...3 раза и продолжают заряд до достижения заданного напряжения (рис.4,в). Возможны также трех- и четырехступенчатые режимы заряда.

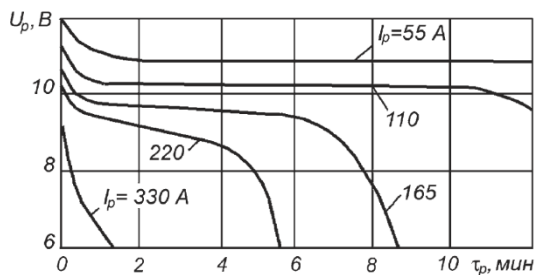
**Смешанный способ** предусматривает ограниченное время заряда при постоянном токе, а затем перевод в режим заряда при постоянном напряжении (рис.4,г). Возможны различные комбинации этих режимов.



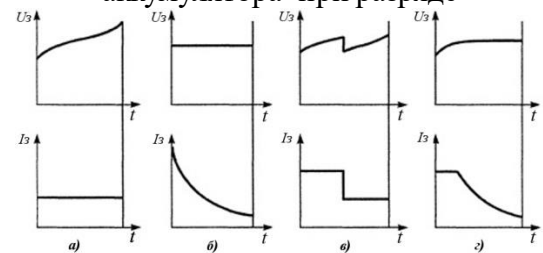
**Рис. 7.** Изменение напряжения аккумулятора при заряде



**Рис. 8.** Изменение напряжения аккумулятора при разряде



**Рис. 9.** Разрядные характеристики батареи 6СТ-55 при температуре электролита 20°C и различных разрядных токах.



**Рис. 10.** Методы заряда аккумуляторных батарей: а) постоянным током; б) постоянным напряжением; в) ступенчатым током; г) смешанный

## **2. Автомобильные ГУ**

Электрооборудование любого автомобиля включает в себя ГУ. К работе ГУ предъявляется ряд основных требований:

- выходные параметры генератора должны быть такими, чтобы в любых режимах движения автомобиля не происходил прогрессивный разряд аккумуляторной батареи;
- напряжение в бортовой сети автомобиля, питаемой генераторной установкой, должно находиться в заданных пределах при изменении частоты вращения двигателя и нагрузок в широком диапазоне;
- генератор должен иметь достаточную прочность, большой ресурс, малые массу и габариты, низкий уровень радиопомех и шума.

Для подзарядки аккумулятора требуется постоянный ток, поэтому необходим либо генератор постоянного тока (принцип действия генератора постоянного тока, см. рис. 1), либо генератор переменного тока с выпрямителем.

Генератор постоянного тока имеют следующие основные недостатки:

- при работе на холостом ходу отсутствует возможность заряда АКБ;
- наличие коллектора и щёточных контактов снижает надёжность работы генератора.



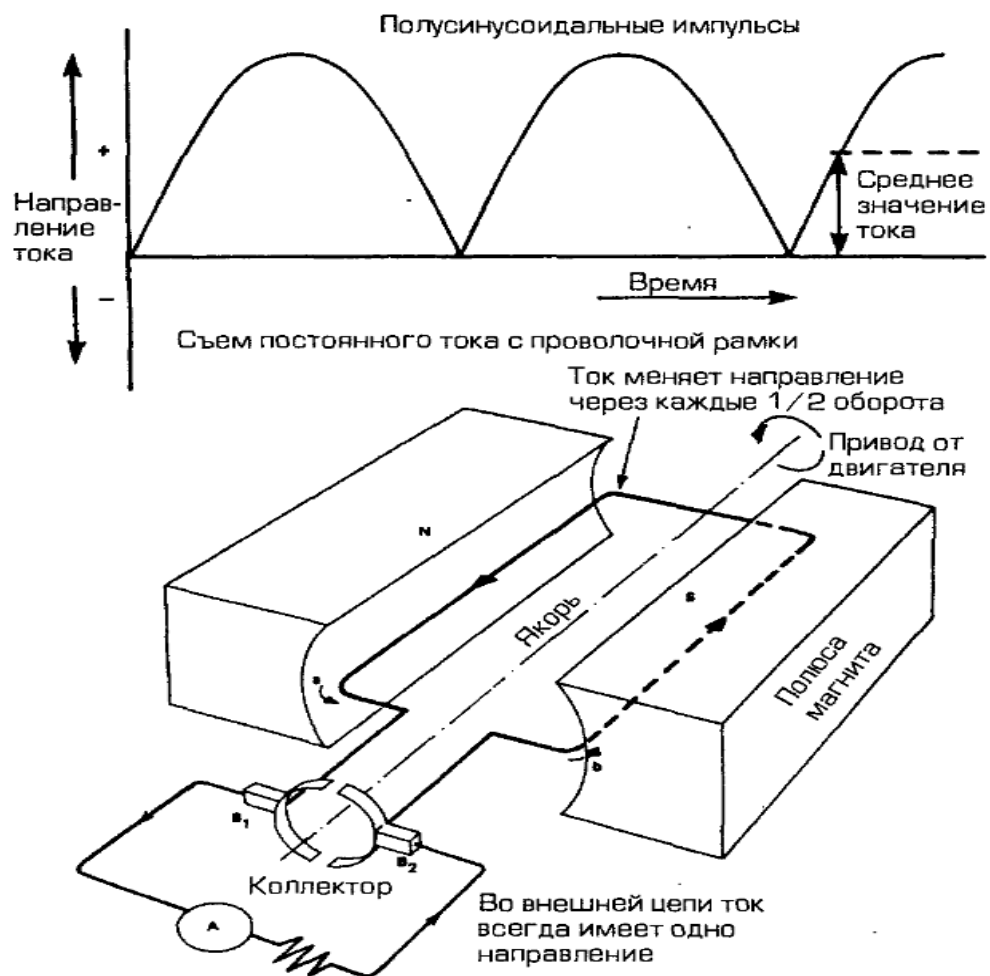


Рис 11. Принцип действия генератора постоянного тока

На рис. 2 показано сопоставление выходных характеристик генераторов постоянного и переменного тока примерно одинаковой максимальной мощности. На современные автомобили устанавливаются генераторы переменного тока, так как они легче, требуют к себе меньше внимания, не требуют ограничения зарядного тока и обладают большим ресурсом.

### 2.1 Конструкция и принцип работы ГУ переменного тока

Принцип работы генераторной установки и его принципиальное конструктивное устройство одинаковы для всех автомобилей, их различие заключается в габаритах и расположении узлов установки.

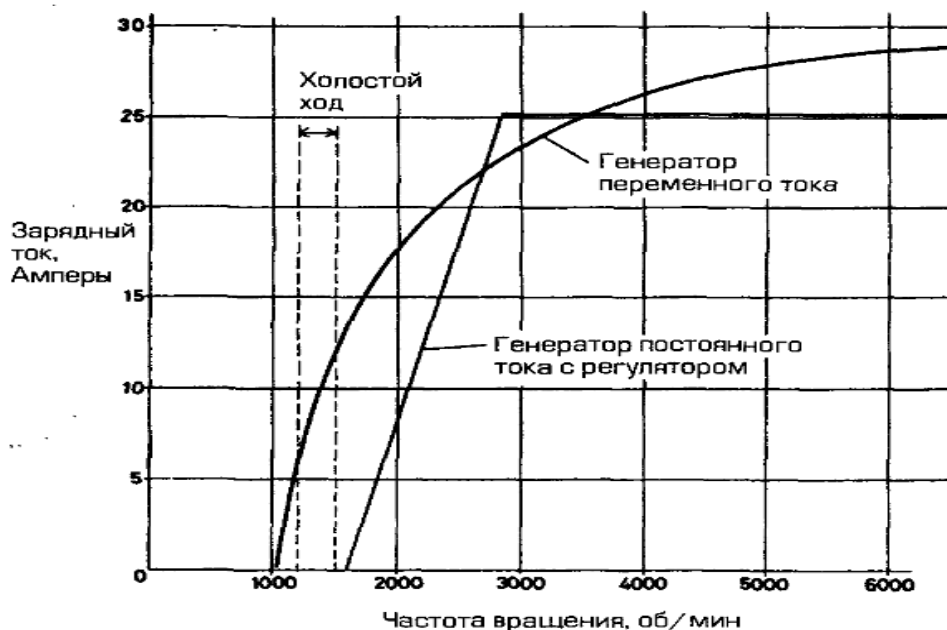


Рис 12. Сравнение выходных характеристик генераторов постоянного и переменного тока

Преобразование механической энергии, которую автомобильный генератор получает от двигателя внутреннего сгорания через ременную передачу, в электрическую происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции.

Основные части генератора показаны на рис. 3.

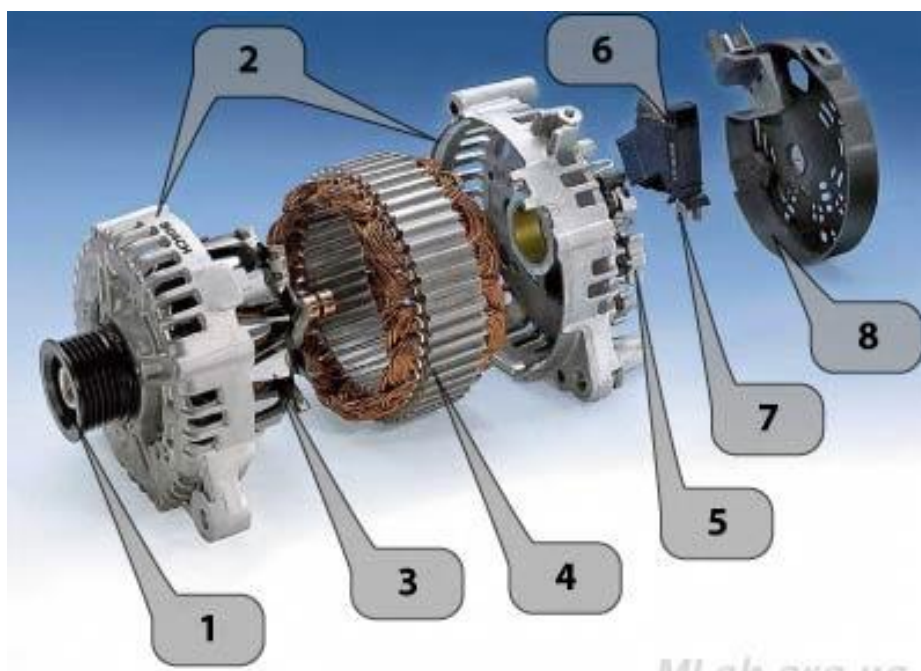


Рис. 13. Основные части генератора

1. Шкив – служит для передачи механической энергии от двигателя к валу генератора через ремень;

2. Корпус генератора состоит из двух крышек: передняя (со стороны шкива) и задняя (со стороны контактных колец), предназначенных для крепления статора, установки генератора на двигателе и размещения подшипников (опор) ротора. На задней крышке размещаются выпрямитель, щеточный узел, регулятор напряжения (если он встроенный) и внешние выводы для подключения к системе электрооборудования;

3. Ротор – стальной вал с расположенными на нем двумя стальными втулками клювообразной формы. Между ними находится обмотка возбуждения, выводы которой соединены с медными контактными кольцами;

4. Статор – пакет, набранный из стальных листов, имеющий форму трубы. В его пазах расположена трехфазная обмотка, в которой вырабатывается мощность генератора;

5. Диодный мост – служит для выпрямления переменного напряжения, объединяет 6...10 силовых диодов, запрессованных в положительный и отрицательный теплоотводы;

6. Регулятор напряжения – устройство, поддерживающее напряжение бортовой сети автомобиля в заданных пределах при изменении электрической нагрузки, частоты вращения ротора генератора и температуры окружающей среды;

7. Щеточный узел – съемная пластмассовая конструкция. В ней установлены подпружиненные щетки, контактирующие с кольцами ротора;

8. Защитная крышка диодного модуля.

Питание обмотки возбуждения осуществляется от источника постоянного тока, например, от аккумуляторной батареи или от самого генератора. В последнем случае генератор работает на самовозбуждении, его первоначальное напряжение образуется за счет постоянного магнита на роторе или за счет остаточного магнитного потока, который создается стальными частями ротора даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. Это напряжение вызывает появление электрического тока в обмотке возбуждения, в результате чего магнитный поток усиливается и вызывает лавинный процесс возбуждения генератора.

Обмотка возбуждения с полюсной системой, валом и контактными кольцами образуют ротор (рис. 4), его важнейшую вращающуюся часть, которая и является источником переменного магнитного поля.

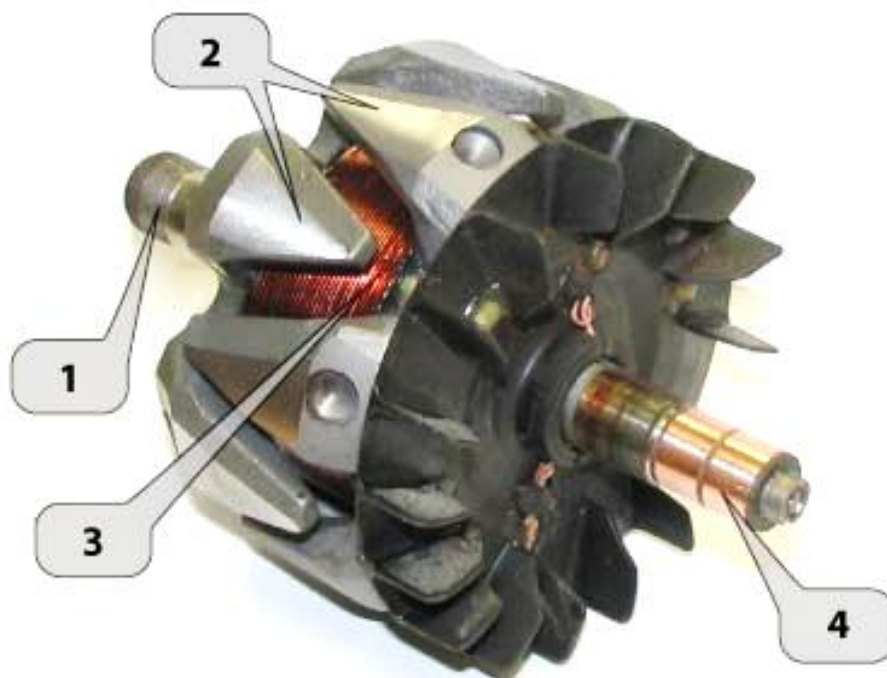


Рис. 14. Ротор генератора: 1 – вал ротора; 2 – полюса ротора; 3 – обмотка возбуждения; 4 – контактные кольца

Полюсная система ротора имеет остаточный магнитный поток, который присутствует даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. Однако его значение невелико и способно обеспечить самовозбуждение генератора только на слишком высоких частотах вращения. Поэтому, для первоначального намагничивания ротора через его обмотку пропускают небольшой ток от аккумуляторной батареи, обычно через лампу контроля работоспособности генератора. Сила этого тока не должна быть слишком большой, чтобы не разряжать аккумуляторную батарею, но и не слишком малой, чтобы генератор мог возбудиться уже на холостых оборотах двигателя. Исходя из этих соображений, мощность контрольной лампы обычно составляет 2...3 Вт. После того, как напряжение на обмотках статора достигает рабочей величины, лампа тухнет, и питание обмотки возбуждения осуществляется от самого генератора. В этом случае генератор работает на самовозбуждении.

Выходное напряжение снимается с обмоток статора (рис. 5) При вращении ротора напротив катушек обмотки статора появляются попеременно "северный" и "южный" полюсы ротора, т. е. направление магнитного потока, пронизывающего катушку статора, меняется, что и вызывает появление в ней переменного напряжения. Частота этого напряжения зависит от частоты вращения ротора генератора и числа его пар полюсов.

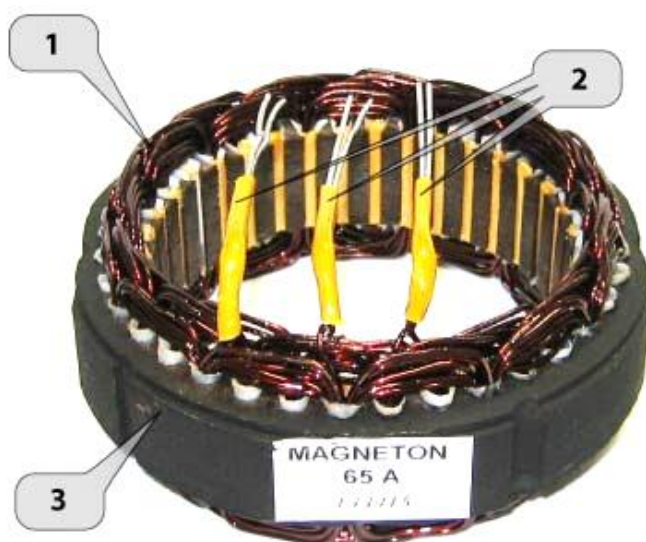


Рис. 15. Статор генератора:

1 – обмотка статора; 2 – выводы обмоток; 3 – магнитопровод

- Обмотка статора трехфазная. Она состоит из трех отдельных обмоток, называемых обмотками фаз или просто фазами, намотанных по определенной технологии на магнитопровод. Напряжение и токи в обмотках смещены друг относительно друга на треть периода, т.е. на 120 электрических градусов, как это показано на рисунке 6.

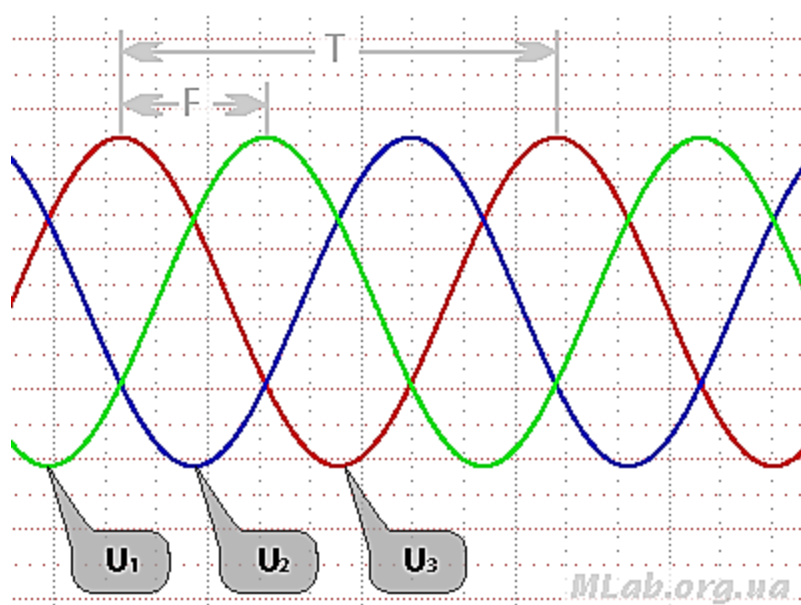


Рис. 16. Осциллограммы фазовых напряжений обмоток

- $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  – напряжения обмоток;
- $T$  – период сигнала (360 градусов);
- $F$  – фаза смещения (120 градусов).

Для того чтобы магнитный поток обмотки возбуждения подводился непосредственно к обмотке статора и не рассеивался в пространстве, катушки помещены в пазы стальной конструкции – магнитопровода статора. Так как переменное магнитное поле наводится не только в катушках, но и в магнитопроводе

статора, то это приводит к возникновению паразитных вихревых токов, которые ведут к потере мощности и нагревают статор. Для уменьшения проявления этого эффекта магнитопровод изготавливают из набора стальных пластин (пакета железа).

Обмотка статора питает бортовую сеть автомобиля через выпрямитель, встроенный в генератор (рис. 7).

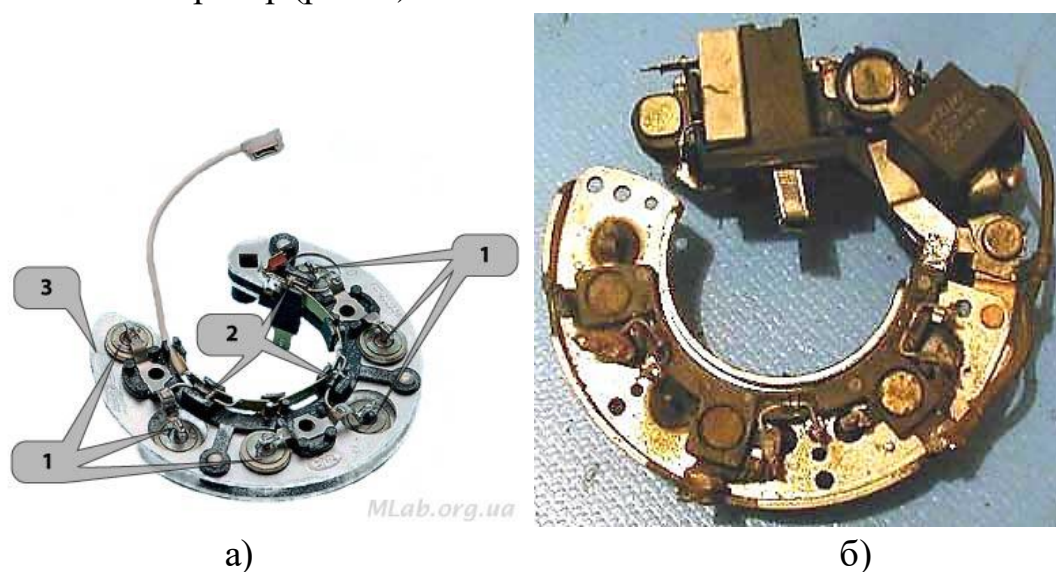


Рис. 17. Сборка с выпрямительными диодами:

1 – силовые диоды; 2 – дополнительные диоды; 3 – теплоотвод

Выпрямитель для трехфазной системы содержит 6...10 силовых полупроводниковых диодов, 3...5 из которых соединены с выводом "+" генератора, а другие 3...5 с выводом "-" ("массой"). Полупроводниковые диоды находятся в открытом состоянии и не оказывают существенного сопротивления прохождению тока при приложении к ним напряжения в прямом направлении и практически не пропускают ток при обратном напряжении. Следует обратить внимание на то, что под термином "выпрямительный диод" не всегда скрывается привычная конструкция, имеющая корпус, выводы и т. д. иногда это просто полупроводниковый кремниевый переход в герметизированном теплоотводе.

Многие производители в целях защиты электронных узлов автомобиля от всплесков напряжения заменяют диоды силового моста стабилитронами.

Отличие стабилитрона от выпрямительного диода состоит в том, что при воздействии на него напряжения в обратном направлении он не пропускает ток лишь до определенной величины этого напряжения, называемого напряжением стабилизации. Обычно в силовых стабилитронах напряжение стабилизации составляет 13... 30 В. При достижении этого напряжения стабилитроны "пробиваются", т.е. начинают пропускать ток в обратном направлении, причем в определенных пределах изменения силы этого тока напряжение на стабилитроне, а, следовательно, и на выводе "+" генератора остается неизменным, не достигающем опасных для электронных узлов значений. Свойство стабилитрона поддерживать на своих выводах постоянство напряжения после "пробоя" используется и в регуляторах напряжения.

Как было отмечено выше, напряжения на обмотках изменяются по кривым, близким к синусоиде и в одни моменты времени они положительны, в другие отрицательны. Если положительное направление напряжения в фазе принять по стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное от нее то, например, для момента времени  $t$  когда напряжение второй фазы отсутствует, первой фазы - положительно, а третьей - отрицательно. Направление напряжений фаз соответствует стрелкам, показанным на рисунке.

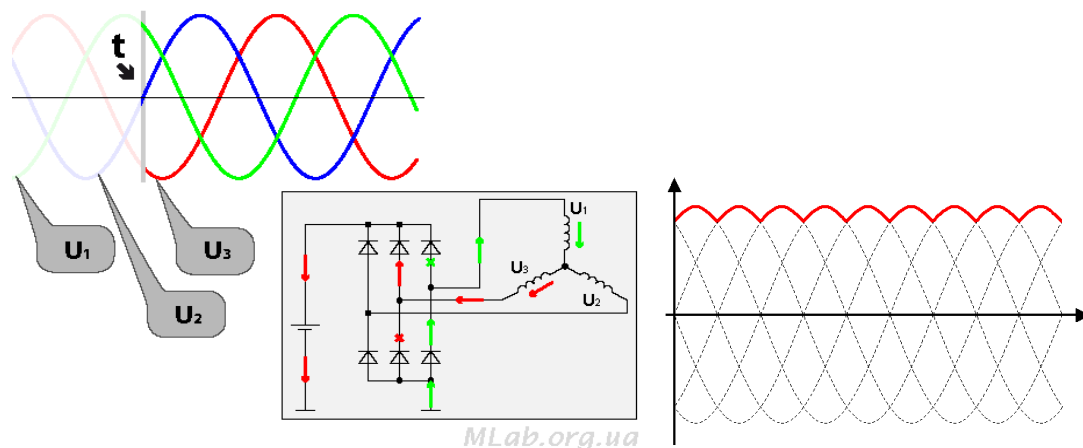


Рис. 18. Направление токов в обмотках и выпрямителе генератора

Ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении этих стрелок. Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что в трехфазной системе напряжения, возникающего в обмотках фаз генератора, диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление – от вывода "+" генераторной установки к ее выводу "-" ("массе"), т. е. в нагрузке протекает постоянный ток (рис. 8).

У значительного количества типов генераторов обмотка возбуждения

подключается к собственному выпрямителю, собранному на трех диодах. Такое подключение обмотки возбуждения препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля. Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. Причем в выпрямитель обмотки возбуждения тоже входят 6 диодов, три из них общие с силовым выпрямителем (отрицательные диоды). Ток возбуждения значительно меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов обмотки возбуждения применяются малогабаритные слаботочные диоды на ток не более 2 А (для сравнения, диоды силового выпрямителя допускают протекание токов силой до 25... 35 А).

При необходимости увеличения мощности генератора применяется дополнительное плечо выпрямителя.

### **2.3 Электрические схемы генераторных установок**

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, E, F\_D; 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, Мр; вывод регулятора напряжения для подсоединения его в бортовую сеть, обычно к «+» аккумуляторной батареи: Б, 15, S; вывод регулятора напряжения для питания его от выключателя зажигания: IG; вывод регулятора напряжения для соединения его с бортовым компьютером: FR, F.

Принципиальные электрические схемы генераторных установок приведены на рисунке 9.

Различают два типа невзаимозаменяемых регуляторов напряжения - в одном типе (рисунок 9а) выходной коммутирующий элемент регулятора напряжения соединяет вывод обмотки возбуждения генератора с «+» бортовой сети. Транзисторные регуляторы напряжения второго типа являются более распространенными.

Чтобы на стоянке аккумуляторная батарея не разряжалась, цепь обмотки возбуждения генератора (рисунок 9а) запитывается через выключатель зажигания. Однако при этом контакты выключателя коммутируют ток, что неблагоприятно сказывается на их сроке службы. Однако, применение выключателя зажигания в цепи генераторной установки снижает ее надежность и усложняет монтаж на автомобиле. Кроме того, в схеме на рисунке 9а падение напряжения в выключателе зажигания и других



коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора (штекерные соединения, предохранители), влияет на уровень поддерживаемого регулятором напряжения и частоту переключения его выходного транзистора, что может сопровождаться миганием ламп осветительной и светосигнальной аппаратуры, колебанием стрелок вольтметра и амперметра.

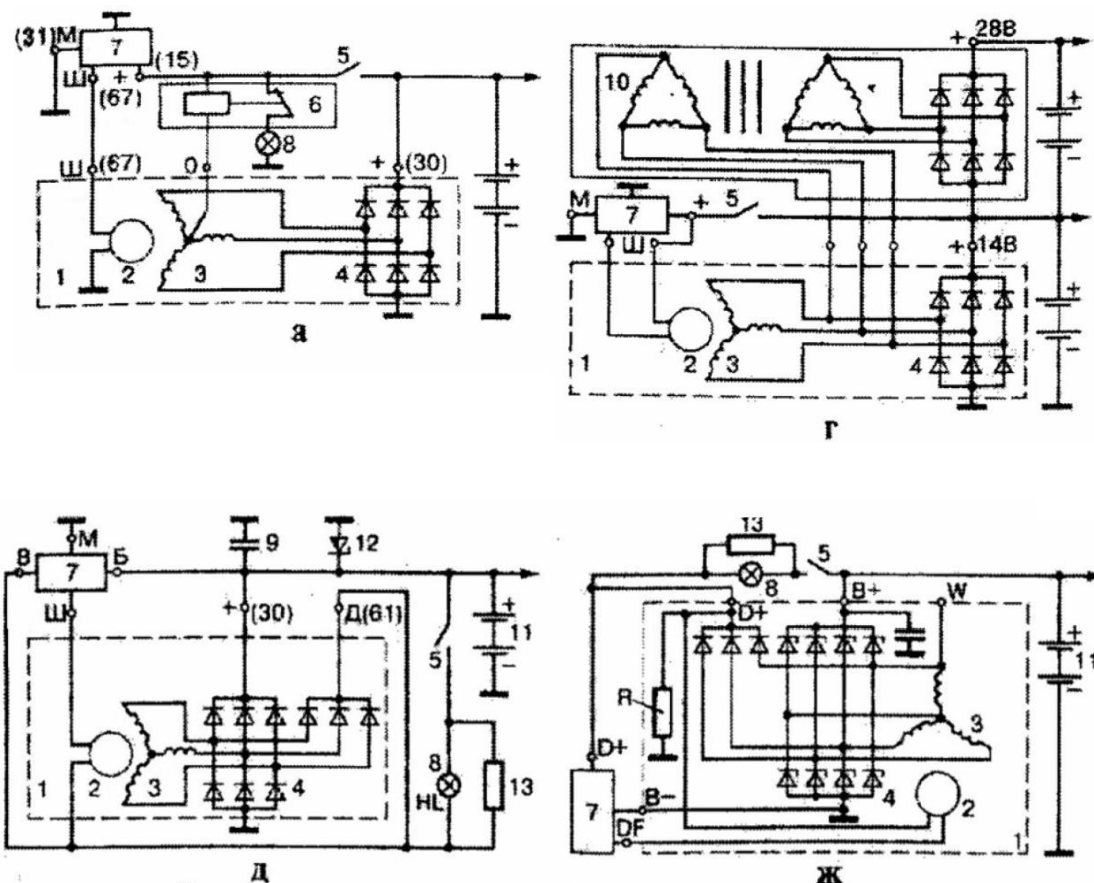


Рис. 19. Схемы генераторных установок

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

С целью контроля работоспособности в схеме на рисунке 9а введены реле с нормально замкнутыми контактами, через которые получает питание контрольная лампа 8. Эта лампа загорается после включения замка зажигания и гаснет после пуска двигателя, т.к. под действием напряжения от генератора реле, обмотка которого подключена к нулевой точке обмотки статора, разрывает свои размыкающие контакты и отключает контрольную лампу 8 от цепи питания.

На автомобилях с дизельными двигателями может применяться генераторная установка на два уровня напряжения 14/28 В. Вторым уровнем 28В используется для зарядки аккумуляторной батареи, работающей при пуске ДВС. Для получения второго уровня используется электронный удвоитель напряжения или трансформаторно-выпрямительный блок (ТВБ), как это показано на рисунке 9г. В системе на два уровня напряжения регулятор стабилизирует только первый уровень напряжения 14В. Вторым уровнем возникает посредством трансформации и последующего выпрямления ТВБ переменного тока генератора. Коэффициент трансформации трансформатора ТВБ близок к единице.

По сравнению с предыдущими, более перспективной является схема на рисунке 9д, в которой обмотка возбуждения имеет свой дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «Д» этого выпрямителя и подсоединяется обмотка возбуждения генератора. Схема допускает некоторый разряд аккумуляторной батареи малыми токами по цепи регулятора напряжения и при длительной стоянке рекомендуется снимать наконечник провода с клеммы «+» аккумуляторной батареи.

В схему на рисунке 9д, введено подвозбуждение генератора от аккумуляторной батареи через контрольную лампу 8. Небольшой ток, поступающий в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточен для возбуждения генератора и в то же время не может существенно влиять на разряд аккумуляторной батареи. Контрольная лампа в схеме, является одновременно и элементом контроля работоспособности генераторной установки.

В схеме применен стабилитрон 12, гасящий всплески напряжения, опасные для электронной аппаратуры.

Если лампа 8 при работающем двигателе горит, значит генераторная установка неисправна. В некоторых случаях обмотка реле контрольной лампы 6 подключается на вывод фазы генератора.

В этой схеме обмотка возбуждения включена на нулевую точку обмотки статора генератора, т.е. питается напряжением, вдвое меньшим, чем напряжение генератора.

При этом приблизительно вдвое снижаются и величины импульсов напряжения, возникающих при работе генераторной установки, что благоприятно сказывается на надежности работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 служит тем же целям, что и контрольная лампа в схеме рисунка 9д т.е. обеспечивает уверенное возбуждение генератора.

В некоторых генераторных установках зарубежного и отечественного производства регулятор напряжения поддерживает напряжение не на силовом выводе генератора «+», а на выводе его дополнительного выпрямителя, как показано на схеме рисунка 9ж. Схема является модификацией схемы рисунка 9д, с устранением ее недостатка - разряда аккумуляторной батареи регулятора напряжения при длительной стоянке. Такое исполнение схемы генераторной установки возможно потому, что разница напряжения на клеммах «+» и Д невелика. На рисунке 9ж, показана схема с дополнительным плечом выпрямителя, выполненная на стабилитронах, которые в нормальном режиме работают, как обычные выпрямительные диоды, а в аварийных режимах предотвращают появление опасных всплесков напряжения. Резистор R, как было показано выше, расширяет диагностические возможности схемы.

Конечно, стабилитрон 12 (рисунок 9д), защищающий от всплесков напряжения дополнительное плечо выпрямителя, а также выполнение выпрямителя на стабилитронах может быть использовано в любой из приведенных схем.

Некоторые фирмы применяют включение контрольной лампы через разделительный диод, а в схемах рисунка 9д, ж, включение ее идет через замок зажигания. В этом случае обмотка реле включается на место контрольной лампы. Если генераторная установка работает в комплексе с датчиком температуры электролита, она имеет дополнительные выводы для его подсоединения.

Генераторы на большие выходные токи могут иметь параллельное включение диодов выпрямителя. Для защиты цепей генераторной установки применяют предохранители обычно в цепях контрольной лампы, соединениях регулятора с аккумуляторной батареей, в цепи питания аккумуляторной батареи.

## **2.4 Принцип работы регуляторов напряжения**

Функцией регулятора напряжения является стабилизация напряжения при изменении частоты вращения и нагрузки за счет воздействия на ток возбуждения. Кроме того, он может выполнять дополнительные функции – защищать элементы ГУ от аварийных режимов и перегрузок, автоматически включать в бортовую сеть силовую цепь ГУ или обмотку возбуждения. Ранее применялись вибрационные регуляторы, а затем контактно-транзисторные. Эти два типа регуляторов в настоящее время полностью вытеснены электронными (рис. 10).



Рис. 20. Внешний вид электронных регуляторов напряжения

Оформление электронных полупроводниковых регуляторов может быть различным, но принцип работы у всех регуляторов одинаков. Электронные регуляторы изменяют ток возбуждения путем включения и отключения обмотки возбуждения от питающей сети, при этом меняется относительная продолжительность времени включения обмотки возбуждения.

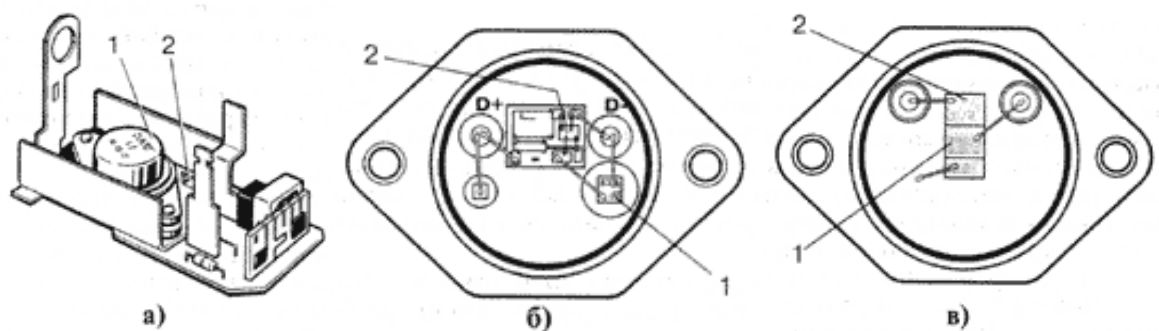


Рис.21. Регуляторы напряжения фирмы Bosch различного исполнения.

а – на дискретных элементах; б – гибридный монтаж; в – схема на монокристалле кремния. 1 – силовой выходной каскад, 2 – схема управления

Конструкцию регуляторов напряжения в значительной мере определяет технология их изготовления. При изготовлении схемы на дискретных элементах, регулятор обычно имеет печатную плату, на которой располагаются эти элементы. При этом некоторые элементы, например, настроечные резисторы могут выполняться по толстопленочной технологии. Гибридная технология предполагает, что резисторы выполняются на керамической пластине и соединяются с полупроводниковыми элементами – диодами, стабилитронами, транзисторами, которые в бескорпусном или корпусном исполнении расплавляются на металлической подложке. Гибридные регуляторы напряжения и регуляторы напряжения на монокристалле ни в разборке, ни в ремонте не подлежат.

Принцип работы электронного регулятора удобно продемонстрировать на

достаточно простой схеме регулятора типа EE 14V3 фирмы Bosch, представленной на рис.12.

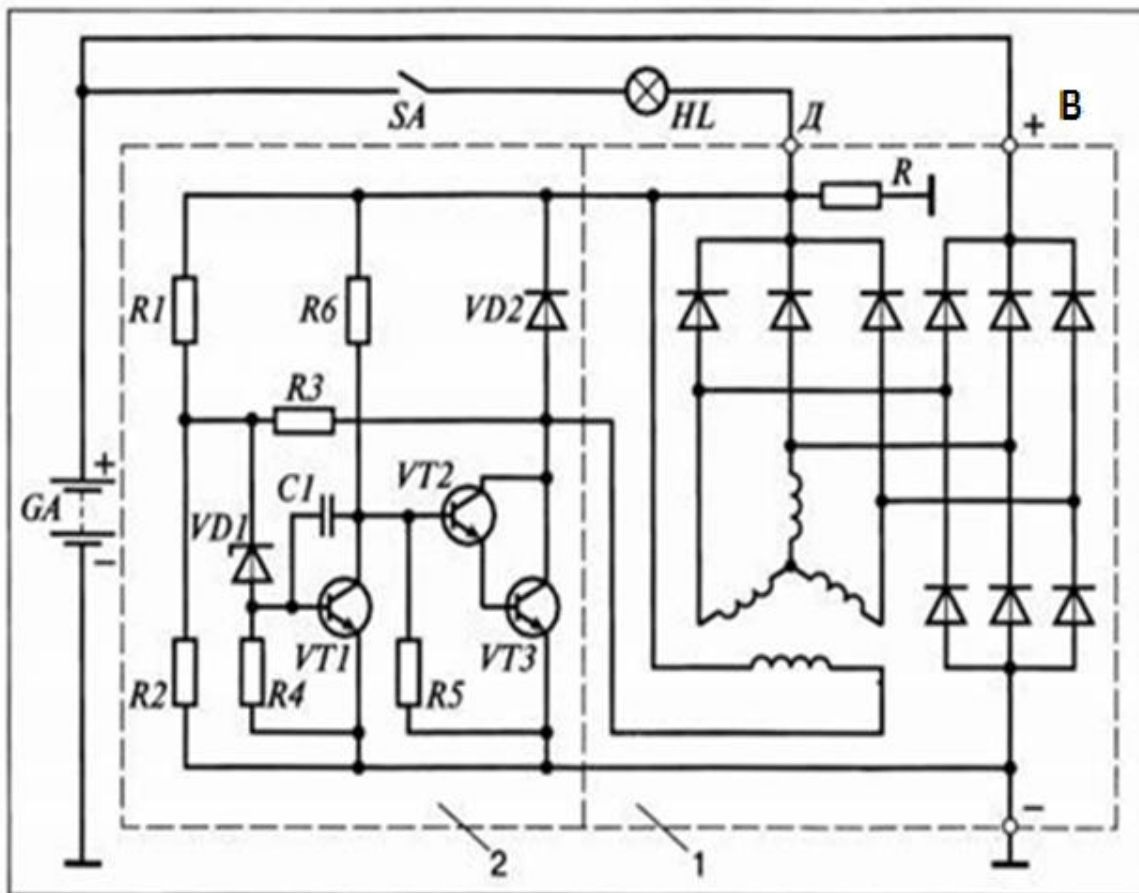


Рис. 22.Схема электронного транзисторного регулятора напряжения  
1-генератор; 2-регулятор

Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжениях, ниже величины напряжения стабилизации. При достижении напряжением этой величины, стабилитрон "пробивается" и по нему начинает протекать ток. Таким образом, стабилитрон в регуляторе является эталоном напряжения, с которым сравнивается напряжение генератора. Кроме того известно, что транзисторы пропускают ток между коллектором и эмиттером, т. е. открыты, если в цепи "база - эмиттер" ток протекает, и не пропускают этого тока, т. е. закрыты, если базовый ток прерывается. Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от вывода генератора "Д+" через делитель напряжения на резисторах R1,R3 и диод VD2, осуществляющий температурную компенсацию. Пока напряжение генератора невелико и напряжение на стабилитроне ниже его напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, через него, а, следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 ток не протекает,

транзистор VT1- закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода "Д+" поступает в базовую цепь транзистора VT2, который открывается, через его переход эмиттер - коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается. При этом по обмотке возбуждения генератора протекает ток от «Д+» к цепи питания через переход эмиттер - коллектор VT3.

Соединение транзисторов VT2 и VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой *Дарлингтона*. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления.

Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1, при достижении величины напряжения стабилизации, стабилитрон VD1 "пробивается", ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмиттер - коллектор закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на "массу". Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD1, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2 и VT3, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и процесс повторяется. Таким образом, регулирование напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь питания.

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

Из рис.12 хорошо видна роль лампы HL контроля работоспособного состояния генераторной установки. При неработающем двигателе автомобиля замыкание контактов выключателя зажигания SA позволяет току от аккумуляторной батареи GA через эту лампу поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечивается первоначальное возбуждение генератора. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва. После запуска двигателя, на выводах генератора "Д+" и "В+" появляется практически одинаковое напряжение и лампа гаснет. Если генератор при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генератора или обрыве приводного ремня.

Введение резистора R в генераторную установку способствует

расширению диагностических способностей лампы НЛ. При наличии этого резистора в случае обрыва цепи обмотки возбуждения при работающем двигателе автомобиля лампа НЛ загорается.

Аккумуляторная батарея для своей надежной работы требует, чтобы с понижением температуры электролита, напряжение, подводимое к батарее от генераторной установки, несколько повышалось, а с повышением температуры - уменьшалось. Для автоматизации процесса изменения уровня поддерживаемого напряжения применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включенный в схему регулятора напряжения. В простейшем случае термокомпенсация в регуляторе подобрана таким образом, что в зависимости от температуры поступающего в генератор охлаждающего воздуха напряжение генераторной установки изменяется в заданных пределах.

## **2.5 Маркировка генераторных установок.**

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).

До введения этой системы обозначение генератора содержало букву Г (Г250 и т.п.), а регулятора напряжения – буквы РР (РР24 и т.п.). Следующие за буквами цифры обозначали номер модели и модификацию. Некоторые изготовители давали свое обозначение изделий (например: Я112).

## **2.6 Параметры генератора**

Для отечественных генераторов: На модели отечественных двигателей (ВАЗ-2111, 2112, ЗМЗ-406 и др.): устанавливаются генераторные установки компактной конструкции (94.3701 и др.). Бесщёточные (индукторные) генераторы (955.3701 для ВАЗ, Г700А для УАЗов) отличаются от

традиционной конструкции тем, что у них на роторе расположены постоянные магниты, а обмотки возбуждения - на статоре (смешанное возбуждение). Это позволило обойтись без уязвимой части генератора – щеточного узла и контактных колец. Однако эти генераторы имеют несколько большую массу и более высокий уровень шума.

На щитке генератора обычно указываются его основные параметры:

- номинальное напряжение 14 или 28 В;
- номинальный ток, за который принимается максимальный ток отдачи генератора;
- тип, марка генератора.

Основной характеристикой генераторной установки является ее токоскоростная характеристика (ТСХ), т. е. зависимость тока, отдаваемого генератором в сеть, от частоты вращения его ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах генератора.

Таблица 2

Маркировка	Применение	$P_{\max}$ , Вт. ( $U_{\text{ном}}$ , В)	$N_0$ , мин-1	$I_{\text{рн}}$ , А	$N_{\text{рн}}$ , мин-1	$I_{\text{мах}}$ , А	Возбуждение
Г250 и модификации	М412 М427 УАЗ ЗИЛ-131 ЗИЛ-157 ЗИЛ-130	500 (12)	950	28	2100	40	Независимое
Г222	ВАЗ-2104 ВАЗ-2105 ВАЗ-2107 ВАЗ-1111 ЗАЗ-1102 М2141	700 (14)	1250	35	2400	50	Само
16.3701 и модификации	ГАЗ-2410 РАФ-2203-01 ГАЗ-31029 ГАЗ-3102	900 (14)	1100	45	2500	65	Само
16.3771	УАЗ	800 (14)	1000	40	2050	57	Само
19.3771	ГАЗ-3102 ГАЗ-31029 ГАЗ-3110	940 (14)	800	45	2200	67	
25.3771	ГАЗ-3110	1120 (14)	1100	53	2200	80	Само
26.3771	ВАЗ-2104 ВАЗ-2105 ВАЗ-2108	940 (14)	800	45	2200	67	



	ВАЗ-2109						
32.3701	ЗИЛ-130 ЗИЛ-157	840 (14)	1050	40	2200	60	Само
37.3701	ВАЗ-2108 ВАЗ-2109 ВАЗ-21213	770 (14)	1100	35	2000	55	Само
38.3701 и модификации	ЗИЛ-4331 ЗИЛ-133ГЯ	1330 (14)	900	60	1800	95	независ.
94.3701	ГАЗ-3302 ВАЗ-2110	1000 (14)	900	40	1800	70	само
Г273 и модификации	КАМАЗ-5320 МАЗ-5335	780 (28)	1100	20	2200	28	независ.
955.3701 бесщеточный	ВАЗ-2108 ВАЗ-2109	900 (14)	1050	50	2800	65	само

В таблице использованы следующие обозначения:

$P_{max}$  – максимально отдаваемая мощность;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение;

$I_{max}$  – максимально отдаваемый ток при максимальных оборотах ротора (для большинства генераторов за максимальные обороты принято 6000 об/мин.);

$\omega_0$  – начальная частота возбуждения генератора ( $I=0$ );

$n_{рн}$  – частота оборотов генератора в расчетном режиме;

$I_{рн}$  – сила тока в расчетном режиме.

Таким образом, зная начальную частоту возбуждения и ток на этой частоте, конечную частоту и максимальный ток, а так же одно промежуточное значение можно построить достаточно точную ТСХ генератора по трем точкам.

## Описание лабораторных стендов

Подробно изучить строение ГУ, а так же схему включения и параметры можно с использованием наглядного планшета «Генератор Г250» (рис. 13).

Для изучения схем, принципа работы и характеристик регуляторов напряжения удобно использовать наглядные планшеты «Регуляторы напряжения» (рис. 14) и «Регулятор напряжения 361.3702» (рис. 15). На рисунке 17 изображена нагрузочная вилка для испытания АКБ.



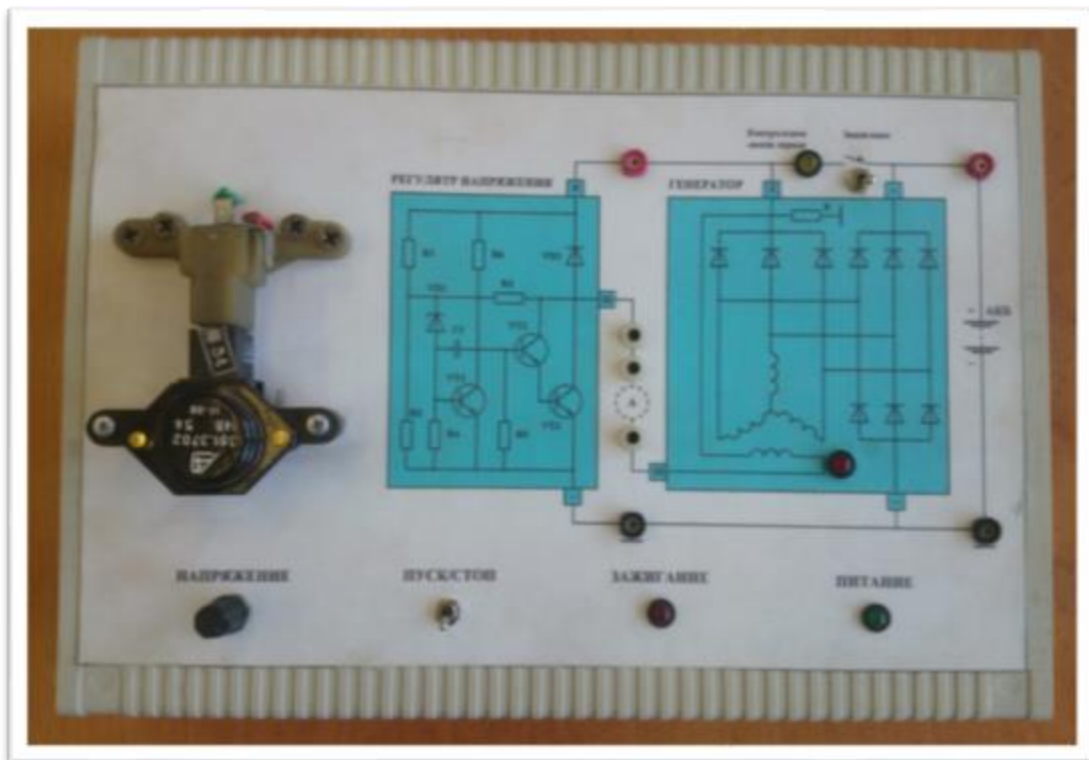


Рис. 25. Общий вид планшета «Устройство регулятор напряжения 61.3702»



Рис. 26 Общий лабораторного стенда «Система энергоснабжения автомобиля»|



Рис. 27 Нагрузочная вилка «Telwin»

Лабораторный стенд содержит генератор с когтеобразным ротором и электромагнитным возбуждением 9402.3701. Для обеспечения постоянства напряжения в сети генератор оснащён регулятором напряжения Я212А11Е. Он обеспечивает изменение тока возбуждения за счёт изменения времени включения обмотки возбуждения в сеть при постоянной частоте коммутации цепи её питания (ШИМ-регулятор).

На лицевой панели стенда (рис.16) приведена простейшая схема регулятора напряжения. Вынесение на стенд именно этой схемы обусловлено, во-первых, тем, что регуляторы напряжения не являются объектами исследования в данной лабораторной работе, а, во-вторых, взаимосвязь между входными и выходными её параметрами такая же, как в схемах регуляторов напряжения всех без исключения исследуемых генераторов.

Для фиксации координат точек кривых, построение которых определено заданием на выполнение лабораторной работы, стенд оснащён соответствующим приборным оборудованием (амперметрами, вольтметрами, мультиметрами, вспомогательным источником постоянного тока).

Привод генератора осуществляется через ременную передачу частотно управляемым асинхронным электродвигателем. Частота вращения привода фиксируется по сигналу с тахогенератора. Передаточное число ременной передачи  $i = 2,4$ . Изменение режима работы приводного электродвигателя осуществляется плавно поворотом ручки, смонтированной в левой части стенда и нажатием на кнопки «Пуск» и «Стоп». Верхняя граница диапазона частот вращения привода 1350 об/мин.

Для инициирования процесса самовозбуждения генератора в электрическую схему лабораторного стенда введён вспомогательный

источник питания постоянного тока, имитирующий частично разряженную аккумуляторную батарею (его напряжение равно 11,5 В). Введение имитатора в электрическую схему стенда производится поворотом по часовой стрелке ключа замка зажигания, расположенного в верхней части лицевой панели стенда.

#### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

4.1 Подготовить таблицы для фиксации результатов исследования свинцово-кислотной АКБ.

#### 4.2 Устройство нагрузочной вилки

Нагрузочная вилка состоит из двух силовых контактов, электрической нагрузки и вольтметра для измерения напряжения на АКБ.

#### 4.3 Методика исследования АКБ с помощью нагрузочной вилки

- Зачистить клеммы АКБ от грязи и окислов.
- Замерить напряжение  $U_{01}$  на АКБ с помощью мультиметра и занести в таблицу 2
- Подсоединить нагрузочную вилку как указано на рисунке 18, измерить напряжение мультиметром  $U_{1нагр.}$ , занести в таблицу 2
- Через  $t_{нагр}$  сек. отключить нагрузочную вилку и замерить напряжение  $U_{2нагр.}$
- Выждать 5 минут и измерить мультиметром напряжение  $U_{02}$ .



Рис. 28 Правильное расположение нагрузочной вилки

Таблица 3

№	Хар-ки АКБ	$U_{01}, В$	$U_{02}, В$	$U_{1нагр.}, В$		$t_{нагр}, с$	$I, А$	$E, \%$
1								
2								

По данным таблицы 3 определить уровень заряда АКБ и записать в таблицу 1 как  $E, \%$ .

Таблица 4

Показания вольтметра, В	Уровень зарядки акб. %
12,6-12,9	100
12,3-12,6	75
12,1-12,3	50
11,8-12,1	25
11,5-11,8	0

**4.1** Подготовить таблицы для фиксации результатов исследования характеристик генератора.

**4.2 Описание генераторов**

Провести осмотр генераторов и занести данные в таблицу 4

Таблица 5

№ п/п	Тип генератора	Техническое состояние элементов генератора				
		Статор	Обмотка якоря	Выпрямитель	Щетки	Заключение
1						
2						
3						

Проанализировать схемы ГУ и заполнить таблицу 5

Таблица 6

№ п/п	Обозначение схемы генератора	Особенности	Преимущества	Недостатки
1	схема-а			
2	схема-г			
3	схема-д			
4	схема-ж			

### 4.3 Снятие внешних характеристик генератора

Внешней характеристикой генератора называется зависимость напряжения на его зажимах от тока нагрузки при неизменной частоте вращения якоря и заданных условиях возбуждения. Характеристика снимается для 3 различных частот вращения – 1800, 2400 и 3000 об/мин. Для определения координат внешней характеристики, соответствующей конкретной частоте вращения, необходимо установить требуемую частоту вращения вала генератора и затем нажатием кнопок в блоке индикации нагрузок постепенно подключать к генератору имеющиеся нагрузки. Записать показания вольтметра и амперметра, фиксирующего значение тока в нагрузке в таблицу 6.

Таблица 7. Экспериментальные значения внешних характеристик генератора

n=1800 об/мин		n=2400 об/мин		n=3000 об/мин	
U <sub>Г</sub> ,В	I <sub>н</sub> ,А	U <sub>Г</sub> ,В	I <sub>н</sub> ,А	U <sub>Г</sub> ,В	I <sub>н</sub> ,А

### 4.3 Снятие токоскоростной характеристики генератора

Способность генераторной установки обеспечивать потребителей электроэнергией на различных режимах работы двигателя определяется его токоскоростной характеристикой (ТСХ) - зависимостью наибольшей силы тока, отдаваемого генератором, от частоты вращения ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах.

Для определения координат токоскоростной характеристики необходимо нажатием кнопок в блоке индикации нагрузок подключать к генератору наименьшую имеющуюся нагрузку и регулированием частоты вращения генератора найти наименьшую частоту, при которой генератор будет обеспечивать стабилизированное напряжение. Записать показания стендового тахометра и амперметра, фиксирующего значение тока нагрузки, в таблицу 7.

Таблица 8. Экспериментальные значения токоскоростной характеристики генератора

n, об/мин	I <sub>н</sub> , А

## **5 Содержание отчёта:**

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Технические характеристики исследуемой генераторной установки;
4. Таблицы с данными установки и графики исследований: внешней и токоскоростной характеристик;
5. Выводы.

## **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение генератора?
2. По каким конструктивным характеристикам различают генераторы?
3. С какими сложностями связано использование генераторов постоянного тока на автомобилях?
4. Каков принцип действия генератора переменного тока?
5. Как устроена генераторная установка?
6. Как устроен генератор?
7. Каковы основные параметры генераторной установки?
8. Каковы основные характеристики генератора?
9. Какие факторы обуславливают выбор генератора для конкретного автомобиля?
10. Как отличить генератор переменного тока с самовозбуждением и без?
11. Принцип работы транзисторного регулятора напряжения.
12. Отличительные особенности схем генераторных установок на рис. 9.
13. Что представляет собой схема Дарлингтона, её назначение.

## **Литература**

1. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. – М.: Транспорт, 2000, 320 с
2. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник / М.: Машиностроение, 2007, 656 с
3. Акимов С.В., Акимов А.В. Автомобильные генераторные установки. - М.: Транспорт, 1995, 118 с
4. Кузнецов А.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобиля: в 2 ч. – Ч. 1 :учебник для нач. проф. Образования / М. : Издательский центр «Академия», 2012. 368с