

Основные требования к автомобильным генераторам

- 1.** Генератор должен обеспечивать бесперебойную подачу тока и обладать достаточной мощностью, чтобы:
 - одновременно снабжать электроэнергией работающих потребителей и заряжать АКБ;
 - при включении всех штатных потребителей электроэнергии на малых оборотах двигателя не происходил сильный разряд аккумуляторной батареи;
 - напряжение в бортовой сети находилось в заданных пределах во всем диапазоне электрических нагрузок и частот вращения ротора.
- 2.** Генератор должен иметь достаточную прочность, большой ресурс, небольшие массу и габариты, невысокий уровень шума и радиопомех.

Принцип действия генератора

В основе работы генератора лежит эффект электромагнитной индукции. Если катушку например, из медного провода, пронизывает магнитный поток, то при его изменении на выводах катушки появляется переменное электрическое напряжение. И наоборот, для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Таким образом, для получения переменного электрического тока требуются катушка, по которой протекает постоянный электрический ток, образуя магнитный поток, называемая обмоткой возбуждения и стальная полюсная система, назначение которой — подвести магнитный поток к катушкам, называемым обмоткой статора, в которых наводится переменное напряжение.

Эти катушки помещены в пазы стальной конструкции, магнитопровода (пакета железа) статора. Обмотка статора с его магнитопроводом образует собственно статор генератора, его важнейшую неподвижную часть, в которой образуется электрический ток, а обмотка возбуждения с полюсной системой и некоторыми другими деталями (валом, контактными кольцами) - ротор, его важнейшую вращающуюся часть. Питание обмотки возбуждения может осуществляться от самого генератора. В этом случае генератор работает на самовозбуждении. При этом остаточный магнитный поток в генераторе, т. е. поток, который образуют стальные части магнитопровода при отсутствии тока в обмотке возбуждения, невелик и обеспечивает самовозбуждение генератора только на слишком высоких

частотах вращения. Поэтому в схему генераторной установки, там где обмотки возбуждения не соединены с аккумуляторной батареей, вводят такое внешнее соединение, обычно через лампу контроля работоспособного состояния генераторной установки. Ток, поступающий через эту лампу в обмотку возбуждения после включения выключателя зажигания и обеспечивает первоначальное возбуждение генератора. Сила этого тока не должна быть слишком большой, чтобы не разряжать аккумуляторную батарею, но и не слишком малой, т. к. в этом случае генератор возбуждается при слишком высоких частотах вращения, поэтому фирмы-изготовители оговаривают необходимую мощность контрольной лампы — обычно 2...3 Вт.

При вращении ротора напротив катушек обмотки статора появляются попеременно "северный", и "южный" полюсы ротора, т. е. направление магнитного потока, пронизывающего катушку, меняется, что и вызывает появление в ней переменного напряжения.

За редким исключением генераторы зарубежных фирм, также как и отечественные, имеют шесть "южных" и шесть "северных" полюсов в магнитной системе ротора.

Поскольку свое вращение ротор генератора получает от коленчатого вала двигателя, то по частоте переменного напряжения генератора можно измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя. Для этого у генератора делается вывод обмотки статора, к которому и подключается тахометр.

Бортовая сеть требует подведения к ней постоянного напряжения. Поэтому обмотка статора питает бортовую сеть автомобиля через выпрямитель, встроенный в генератор.

Обмотка статора генераторов зарубежных фирм, как и отечественных — трехфазная. Она состоит из трех частей, называемых обмотками фаз или просто фазами, напряжение и токи в которых смещены друг относительно друга на треть периода.

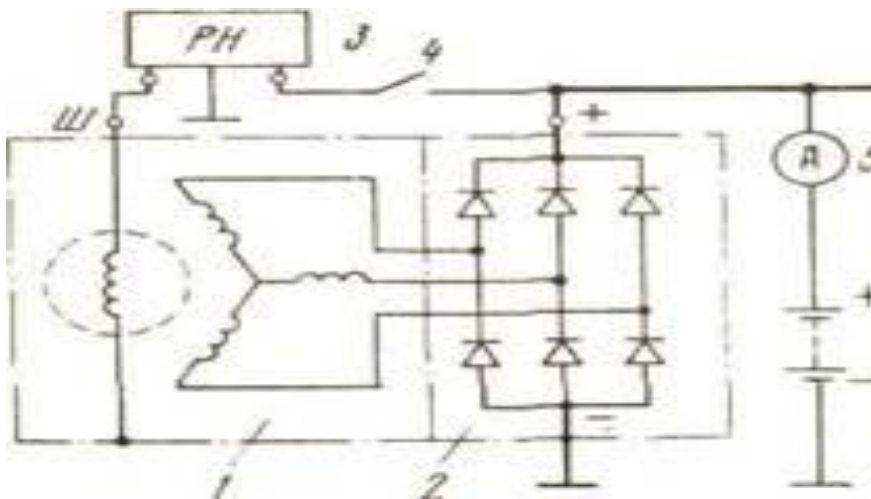


Рис. 1. Схема соединений генераторной установки переменного тока с амперметром для контроля заряда аккумуляторной батареи:

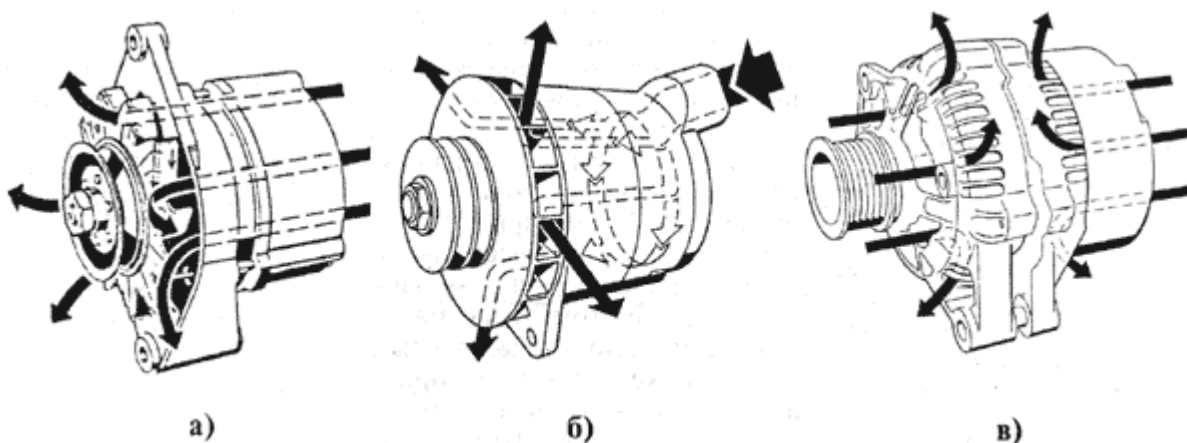
1 - генератор; 2 -выпрямительное устройство; 3 - регулирующее устройство;

4 - выключатель зажигания; 5 – амперметр;

Ш - вывод обмотки возбуждения: плюсовой вывод выпрямителя

Устройство автомобильного генератора

По своему конструктивному исполнению генераторные установки можно разделить на две группы - генераторы традиционной конструкции с вентилятором у приводного шкива и генераторы так называемой компактной конструкции с двумя вентиляторами во внутренней полости генератора.



Система охлаждения генераторов.

Стрелками показано направление воздушных потоков

а - генераторы обычной конструкции; б - генераторы для повышенной температуры в подкапотном пространстве; в - генераторы компактной конструкции.

Обычно "компактные" генераторы оснащаются приводом с повышенным передаточным отношением через поликлиновый ремень и поэтому по принятой у некоторых фирм терминологии, называются высокоскоростными генераторами. При этом внутри этих групп можно выделить генераторы, у которых щеточный узел расположен во внутренней полости генератора между полюсной системой ротора и задней крышкой и генераторы, где контактные кольца и щетки расположены вне внутренней полости. В этом случае генератор имеет кожух, под которым располагается щеточный узел, выпрямитель и, как правило, регулятор напряжения.

Любой генератор содержит статор с обмоткой, зажаты между двумя крышками — передней, со стороны привода, и задней, со стороны контактных колец. Крышки, отлитые из алюминиевых сплавов, имеют вентиляционные окна, через которые воздух продувается вентилятором сквозь генератор.

Генераторы традиционной конструкции снабжены вентиляционными окнами только в торцевой части, генераторы "компактной" конструкции еще и на цилиндрической части над лобовыми сторонами обмотки статора. "Компактную" конструкцию отличает также сильно развитое ребрение, особенно в цилиндрической части крышек. На крышке со стороны контактных колец крепятся щеточный узел, который часто объединен с регулятором напряжения, и выпрямительный узел. Крышки обычно стянуты между собой тремя или четырьмя винтами, причем статор обычно оказывается зажат между крышками, посадочные поверхности которых охватывают статор по наружной поверхности. Иногда статор полностью утоплен в передней крышке и не упирается в заднюю крышку, существуют конструкции, у которых средние листы пакета статора выступают над остальными и они являются посадочным местом для крышек.

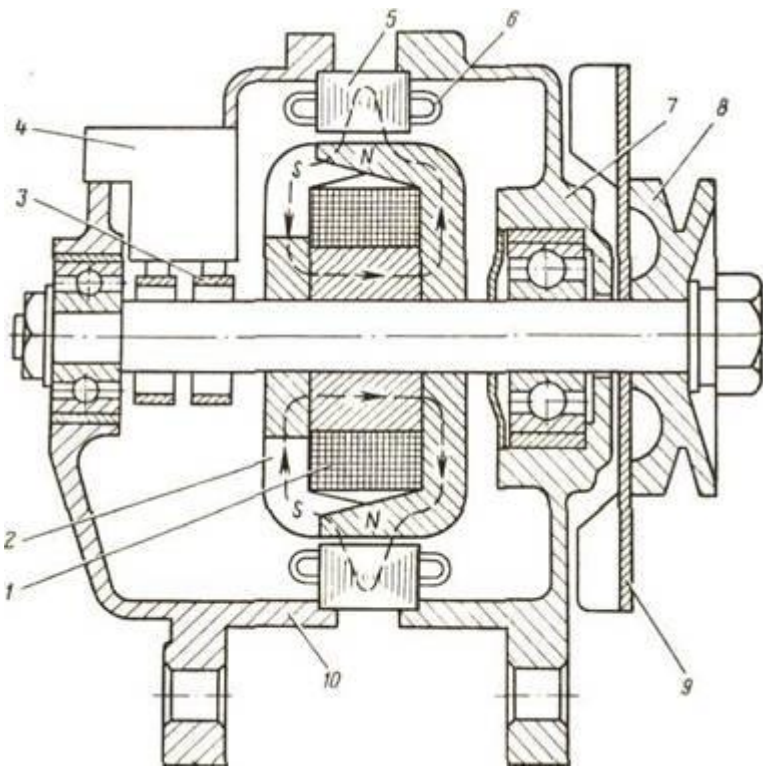
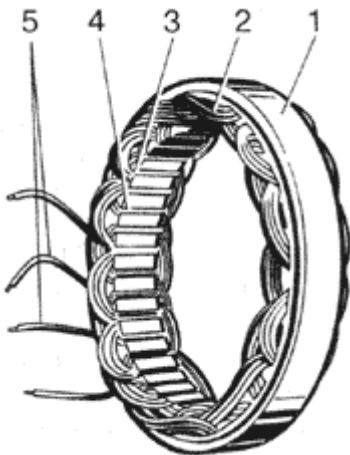


Схема устройства автомобильного генератора переменного тока:

1 - обмотка возбуждения; 2 - клювообразные полюса; 3 - контактные кольца; 4 - щеткодержатель; 5 - статор; 6 – трехфазная обмотка статора; 7 – крышка со стороны привода; 8 – шкив; 9 – вентилятор; 10 – крышка со стороны контактных колец

Статор генератора:

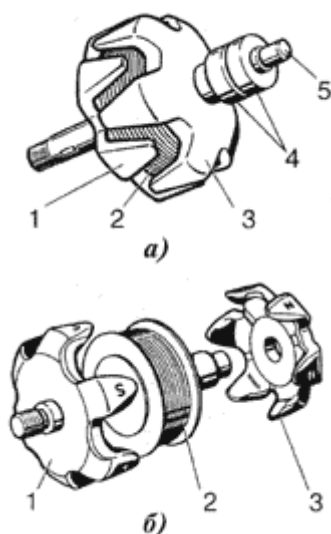
1 - сердечник, 2 - обмотка, 3 - пазовый клин, 4 - паз, 5 - вывод для соединения с выпрямителем



Статор генератора набирается из стальных листов толщиной 0.8...1 мм, но чаще выполняется навивкой "на ребро". Такое исполнение обеспечивает меньше отходов при обработке и высокую технологичность. При выполнении пакета статора навивкой ярмо статора над пазами обычно имеет выступы, по которым при навивке фиксируется положение слоев друг относительно друга. Эти выступы улучшают охлаждение статора за счет более развитой его наружной поверхности. Необходимость экономии металла привела и к созданию конструкции пакета статора, набранного из отдельных подковообразных сегментов. Скрепление между собой отдельных листов пакета статора в монолитную конструкцию осуществляется сваркой или заклепками. Практически все генераторы автомобилей массовых выпусков имеют 36 пазов, в которых располагается обмотка статора. Пазы изолированы пленочной изоляцией или напылением эпоксидного компаунда.

Обмотка закрепляется в пазу пазовым клином из изоляционного материала. Обязательной является пропитка статора лаком после укладки обмотки.

Особенностью автомобильных генераторов является вид полюсной системы ротора. Она содержит две полюсные половины с выступами — полюсами клювообразной формы по шесть на каждой половине. Полюсные половины выполняются штамповкой и могут иметь выступы - полувтулки.



Ротор автомобильного генератора:

а - в сборе; б - полюсная система в разобранном виде; 1,3- полюсные половины; 2 - обмотка возбуждения; 4 - контактные кольца; 5 - вал

Клювы полюсов по краям обычно имеют скосы с одной или двух сторон для уменьшения магнитного шума генераторов. В некоторых конструкциях для той же цели под острыми конусами клювов размещается антишумовое немагнитное кольцо, расположенное над обмоткой возбуждения. Это кольцо предотвращает возможность колебания клювов при изменении магнитного потока и, следовательно, излучения ими магнитного шума.

После сборки производится динамическая балансировка ротора, которая осуществляется высверливанием излишка материала у полюсных половин. На валу ротора располагаются также контактные кольца, выполняемые чаще всего из меди, с опрессовкой их пластмассой. К кольцам припаиваются или привариваются выводы обмотки возбуждения. Иногда кольца выполняются из латуни или нержавеющей стали, что снижает их износ и окисление особенно при работе во влажной среде. Диаметр колец при расположении щеточно - контактного узла вне внутренней полости генератора не может превышать внутренний диаметр подшипника, устанавливаемого в крышку со стороны контактных колец, т. к. при сборке подшипник проходит над кольцами. Малый диаметр колец способствует кроме того уменьшению износа щеток. Именно по условиям монтажа некоторые фирмы применяют в качестве задней опоры ротора роликовые подшипники, т.к. шариковые того же диаметра имеют меньший ресурс.

Валы роторов выполняются, как правило, из мягкой автоматной стали, однако, при применении роликового подшипника, ролики которого работают непосредственно по концу вала со стороны контактных колец, вал выполняется из легированной стали, а цапфа вала цементируется и закаливается. На конце вала, снабженном резьбой, прорезается паз под шпонку для крепления шкива. Однако, во многих современных конструкциях шпонка отсутствует. В этом случае торцевая часть вала имеет углубление или выступ под ключ в виде шестигранника. Это позволяет удерживать вал от проворота при затяжке гайки крепления шкива, или при разборке, когда необходимо снять шкив и вентилятор.

Щеточный узел - это пластмассовая конструкция, в которой размещаются щетки т.е. скользящие контакты. В автомобильных генераторах применяются щетки двух типов — меднографитные и электрографитные. Последние имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцом по сравнению с меднографитными, что неблагоприятно сказывается на выходных характеристиках генератора, однако они обеспечивают значительно меньший износ контактных колец. Щетки прижимаются к кольцам усилием пружин. Часто щеткодержатель и регулятор напряжения образуют неразборный единый узел.

Наиболее опасным для генератора и особенно для проводки автомобильной бортовой сети является переключение пластин теплоотводов, соединенных с "массой" и выводом "+" генератора случайными попавшими между ними металлическими предметами или проводящими мостиками, образованными загрязнением, т.к. при этом происходит короткое замыкание по цепи аккумуляторной батареи и возможен пожар. Во избежание этого пластины и другие части выпрямителя генераторов некоторых фирм частично или полностью покрывают изоляционным слоем. В монолитную конструкцию выпрямительного

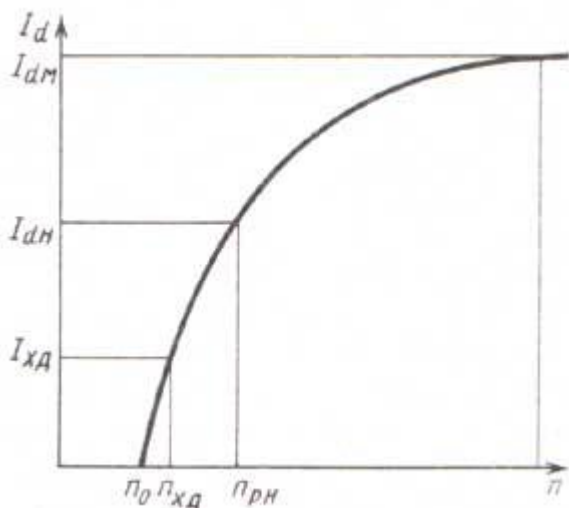
блока теплоотводы объединяются в основном монтажными платами из изоляционного материала, армированными соединительными шинками.

Подшипниковые узлы генераторов это, как правило, радиальные шариковые подшипники с одноразовой закладкой пластичной смазки на весь срок службы и одно или двухсторонними уплотнениями, встроенными в подшипник. Роликовые подшипники применяются только со стороны контактных колец и достаточно редко, в основном, американскими фирмами.

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 распаиваются на металлической подложке. В регуляторе, выполненном на монокристалле кремния, вся схема регулятора размещена в этом кристалле. Гибридные регуляторы напряжения и регуляторы напряжения на монокристалле ни разборке, ни ремонту не подлежат.

Характеристики автомобильных генераторов

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. На рис. представлена токоскоростная характеристика генератора.



Токоскоростная характеристика генераторных установок.

На графике имеются следующие характерные точки:

n_0 - начальная частота вращения ротора без нагрузки, при которой генератор начинает отдавать ток;

I_{xH} - ток отдачи генератора при частоте вращения, соответствующей минимальным устойчивым оборотам холостого хода двигателя.

На современных генераторах ток, отдаваемый в этом режиме, составляет 40-50% от номинального;

I_{dH} - максимальный (номинальный) ток отдачи при частоте вращения ротора 5000 мин⁻¹ (6000 мин⁻¹ для современных генераторов).

Как определить параметры своего генератора:

На щитке генератора обычно указываются его основные параметры:

- номинальное напряжение 14 или 28 В (в зависимости от номинального напряжения системы электрооборудования);
- 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.

Привод генераторов

Привод генераторов осуществляется от шкива коленчатого вала ременной передачей. Чем больше диаметр шкива на коленчатом валу и меньше диаметр шкива генератора (отношение диаметров называют передаточным отношением), тем выше обороты генератора, соответственно, он способен отдать потребителям больший ток.

Привод клиновым ремнем не применяется для передаточных отношений больше 1,7-3. Прежде всего это связано с тем, что при малых диаметрах шкивов клиновой ремень усиленно изнашивается.

На современных моделях, как правило, привод осуществляется поликлиновым ремнем. Благодаря большей гибкости он позволяет устанавливать на генераторе шкив малого диаметра и, следовательно, получать более высокие передаточные отношения, то есть использовать высокооборотные генераторы. Натяжение поликлинового ремня осуществляется, как правило, натяжными роликами при неподвижном генераторе.

Регуляторы напряжения

Регуляторы поддерживают напряжение генератора в определенных пределах для оптимальной работы электроприборов, включенных в бортовую сеть автомобиля. Все регуляторы напряжения имеют измерительные элементы, являющиеся датчиками напряжения, и исполнительные элементы, осуществляющие его регулирование.

В вибрационных регуляторах измерительным и исполнительным элементом является электромагнитное реле. У контактно-транзисторных регуляторов электромагнитное реле находится в измерительной части, а электронные элементы - в исполнительной части. Эти два типа регуляторов в настоящее время полностью вытеснены электронными.

Полупроводниковые бесконтактные электронные регуляторы, как правило, встроены в генератор и объединены со щеточным узлом. Они изменяют ток возбуждения путем изменения времени включения обмотки ротора в питающую сеть. Эти регуляторы не подвержены разрегулировке и не требуют никакого обслуживания, кроме контроля надежности контактов.

Регуляторы напряжения обладают свойством термокомпенсации - изменения напряжения, подводимого к аккумуляторной батарее, в зависимости от температуры воздуха в подкапотном пространстве для оптимального заряда АКБ. Чем ниже температура воздуха, тем большее напряжение должно подводиться к батарее и наоборот. Величина термокомпенсации достигает до 0,01 В на 1°С. Некоторые модели выносных регуляторов (2702.3702, РР-132А, 1902.3702 и 131.3702) имеют ступенчатые ручные переключатели уровня напряжения (зима/лето).

Принцип действия регулятора напряжения

В настоящее время все генераторные установки оснащаются полупроводниковыми электронными регуляторами напряжения, как правило встроенными внутрь генератора. Схемы их исполнения и конструктивное оформление могут быть различны, но принцип работы у всех регуляторов одинаков. Напряжение генератора без регулятора зависит от частоты вращения его ротора, магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения, а, следовательно, от силы тока в этой обмотке и величины тока, отдаваемого генератором потребителям. Чем больше частота вращения и сила тока возбуждения, тем больше напряжение генератора, чем больше сила тока его нагрузки - тем меньше это напряжение.

Функцией регулятора напряжения является стабилизация напряжения при изменении частоты вращения и нагрузки за счет воздействия на ток возбуждения. Конечно можно изменять ток в цепи возбуждения введением в эту цепь дополнительного резистора, как это делалось в прежних вибрационных регуляторах напряжения, но этот способ связан с потерей мощности в этом резисторе и в электронных регуляторах не применяется. Электронные регуляторы изменяют ток возбуждения путем включения и отключения обмотки возбуждения от питающей сети, при этом меняется относительная продолжительность времени включения обмотки возбуждения. Если для стабилизации напряжения требуется уменьшить силу тока возбуждения, время включения обмотки возбуждения

уменьшается, если нужно увеличить — увеличивается.

Принцип работы электронного регулятора удобно продемонстрировать на достаточно простой схеме регулятора типа EE 14V3 фирмы Bosch :

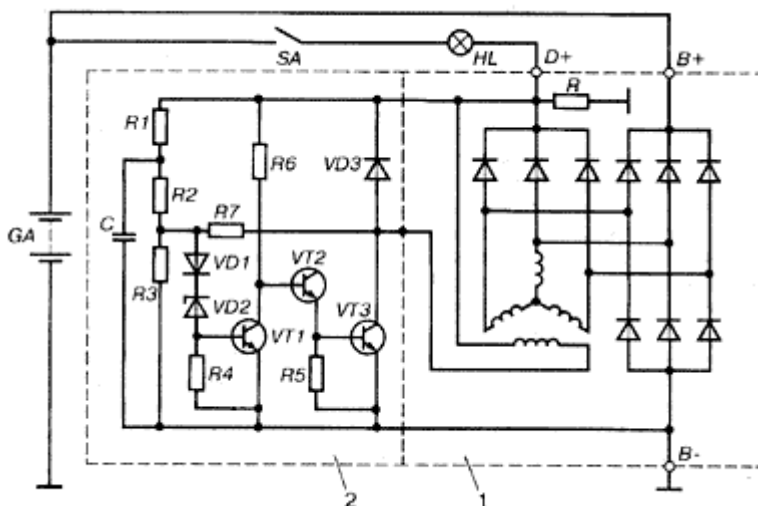


Схема регулятора напряжения EE14V3 фирмы BOSCH:

1 - генератор, 2 - регулятор напряжения, SA - замок зажигания, HL - контрольная лампа на панели приборов.

Чтобы понять работу схемы, следует вспомнить, что, как было показано выше, 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 VD2 подводится от вывода генератора "D+" через делитель напряжения на резисторах R1(R3 и диод VD1, 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 также закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода "D+" поступает в базовую цепь транзистора VT2, который открывается, через его переход эмиттер - коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который также открывается. При этом обмотка возбуждения

генератора оказывается подключена 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. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD2, при достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации, стабилитрон VD2 "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 VD2, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2, 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.

Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, время включения обмотки уменьшается, если частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла - увеличивается. В схеме регулятора имеются элементы, характерные для схем всех применяющихся на автомобилях регуляторов напряжения. Диод VD3 при закрытии составного транзистора VT2, VT3 предотвращает опасные всплески напряжения, возникающие из-за обрыва цепи обмотки возбуждения со значительной индуктивностью. В этом случае ток обмотки возбуждения может замыкаться через этот диод и опасных всплесков напряжения не происходит. Поэтому диод VD3 носит название гасящего. Сопротивление R7 является сопротивлением жесткой обратной связи.

Работа генераторной установки на разных режимах

При пуске двигателя основным потребителем электроэнергии является стартер, сила тока достигает сотен ампер, что вызывает значительное падение напряжения на выводах аккумулятора. В этом режиме потребители электроэнергии питаются

только от аккумулятора, который интенсивно разряжается. Сразу после пуска двигателя генератор становится основным источником электроснабжения. Он обеспечивает требуемый ток для заряда аккумулятора и работы электроприборов. После подзарядки аккумулятора разность его напряжения и генератора становится небольшой, что приводит к снижению зарядного тока. Источником электропитания по-прежнему является генератор, а аккумулятор сглаживает пульсации напряжения генератора.

При включении мощных потребителей электроэнергии (например, обогревателя заднего стекла, фар, вентилятора отопителя и т.п.) и небольшой частоте вращения ротора (малые обороты двигателя) суммарный потребляемый ток может быть больше, чем способен отдать генератор. В этом случае нагрузка ляжет на аккумулятор, и он начнет разряжаться, что можно контролировать по показаниям дополнительного индикатора напряжения или вольтметра.

Общие рекомендации по выбору автомобильного генератора

При установке аккумуляторной батареи на автомобиль убедитесь в правильной полярности подключения. Ошибка приведет к немедленному выходу из строя выпрямителя генератора, может возникнуть пожар. Такие же последствия возможны при запуске двигателя от внешнего источника тока (прикуривании) при неправильной полярности подключения.

При эксплуатации автомобиля необходимо:

- следить за состоянием электропроводки, особенно за чистотой и надежностью соединения контактов проводов, подходящих к генератору, регулятору напряжения. При плохих контактах бортовое напряжение может выйти за допустимые пределы;
- отсоединить все провода от генератора и от аккумулятора при электросварке кузовных деталей автомобиля;
- следить за правильным натяжением ремня генератора. Слабо натянутый ремень не обеспечивает эффективную работу генератора, натянутый слишком сильно приводит к разрушению его подшипников;
- немедленно выяснить причину загорания контрольной лампы генератора.

Недопустимо производить следующие действия:

- оставлять автомобиль с подключенным аккумулятором при подозрении на

неисправность выпрямителя генератора. Это может привести к полному разряду аккумулятора и даже к возгоранию электропроводки;

- проверять работоспособность генератора замыканием его выводов на "массу" и между собой;

- проверять исправность генератора путем отключения аккумуляторной батареи при работающем двигателе из-за возможности выхода из строя регулятора напряжения, электронных элементов систем впрыска, зажигания, бортового компьютера и т. д.;

- допускать попадание на генератор электролита, "Тосола" и т. д.

Контрольные вопросы :

- 1) Основные требования к автомобильным генераторам.**
- 2) Принцип действия генератора.**
- 3) Устройство автомобильного генератора переменного тока.**
- 4) Принцип действия регулятора напряжения.**