

4. Генераторные установки. Часть 2: регуляторы напряжения бортовой сети

4.1. Общие сведения о регуляторах напряжения

Регулятор напряжения поддерживает напряжение бортовой сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки, температуры окружающей среды.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу. Напряжение генератора определяется тремя факторами – частотой вращения ротора, силой тока, отдаваемой генератором в нагрузку, и величиной магнитного потока, создаваемой током обмотки возбуждения. Чем выше частота вращения ротора и меньше нагрузка на генератор, тем выше напряжение генератора. Увеличение силы тока в обмотке возбуждения увеличивает магнитный поток и с ним напряжение генератора, снижение тока возбуждения уменьшает напряжение. Все регуляторы напряжения стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Величина стабилизированного напряжения автомобильных генераторов обычно лежит в пределах 13...15 В. Если напряжение генератора $U = E - I \cdot Z$ [здесь I – ток нагрузки; Z – полное сопротивление обмотки статора; $E = c n \Phi$ – ЭДС статора (см. предыдущий раздел)] возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения и вводит напряжение в нужные пределы.

Блок-схема регулятора напряжения представлена на рис. 4.1.

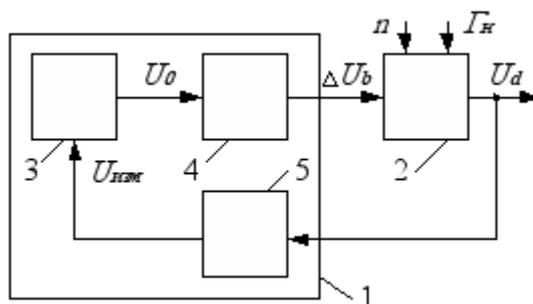


Рис. 4.1. Блок – схема регулятора напряжения:

1 – регулятор; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения;

4 – регулирующий элемент; 5 – измерительный элемент

Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора 2 – U_d и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе сравнения

сравнивается с эталонным значением $U_{\text{эт}}$.

Если величина $U_{\text{изм}}$ отличается от эталонной величины $U_{\text{эт}}$, на выходе элемента сравнения появляется сигнал U_0 , который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение генератора вернулось в заданные пределы.

Таким образом, к регулятору напряжения обязательно должно быть подведено напряжение генератора или напряжение из другого места бортовой сети, где необходима его стабилизация, например, от аккумуляторной батареи, а также подсоединена обмотка возбуждения генератора.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины играет обычно напряжение стабилизации стабилитрона. Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжении ниже напряжения стабилизации и пробивается, т.е. начинает пропускать через себя ток, если напряжение на нем превысит напряжение стабилизации. Напряжение же на стабилитроне остается при этом практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, которое коммутирует цепь возбуждения таким образом, что ток в обмотке возбуждения изменяется в нужную сторону.

В вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах чувствительный элемент представлен в виде обмотки электромагнитного реле, напряжение к которой, впрочем, тоже может подводиться через входной делитель, а эталонная величина – это сила натяжения пружины, противодействующей силе притяжения электромагнита.

Коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляют контакты реле или, в контактно-транзисторном регуляторе, полупроводниковая схема, управляемая этими контактами. Особенностью автомобильных регуляторов напряжения является то, что они осуществляют дискретное регулирование напряжения путем включения и выключения в цепь питания обмотки возбуждения (в транзисторных регуляторах) или последовательно с обмоткой дополнительного резистора (в вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах), при этом меняется относительная продолжительность включения обмотки или дополнительного резистора.

4.2. Электронный транзисторный регулятор напряжения

Поскольку вибрационные и контактно-транзисторные регуляторы представляют лишь исторический интерес, а в отечественных и зарубежных генераторных установках в настоящее время применяются электронные транзисторные регуляторы, рассмотрим принцип работы регулятора напряжения на примере простейшей схемы, близкой к отечественному регулятору напряжения Я112А1 и регулятору ЕЕ14V3 фирмы BOSCH (рис. 4.2.).

Регулятор на схеме работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. 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.

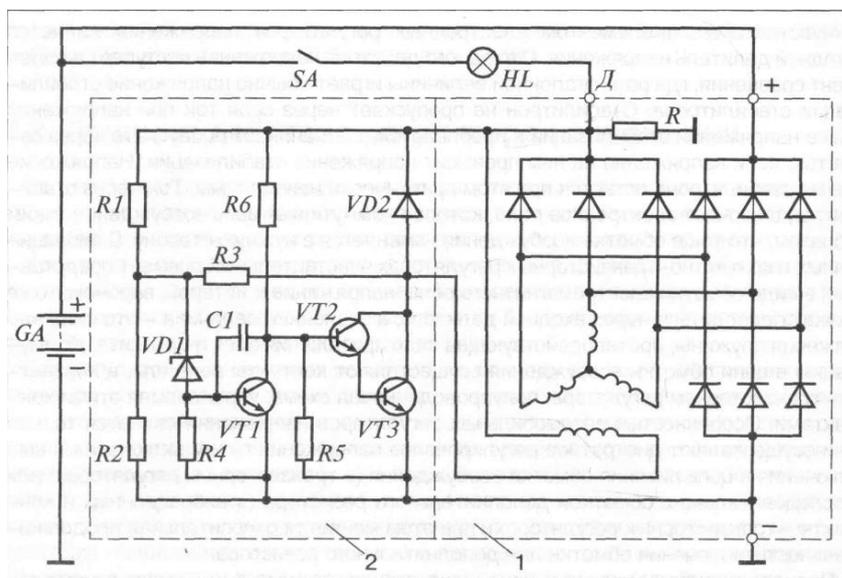


Рис. 4.2 Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:

1 – генератор с встроенным выпрямителем; 2 – регулятор

Транзисторы же 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 выхода генератора Д через делитель напряжения, выполненный на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико, и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него, а, следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через

резистор R6 от вывода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается через переход эмиттер-коллектор VT3 подключена к цепи питания. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется *схемой Дарлингтона*. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1.

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

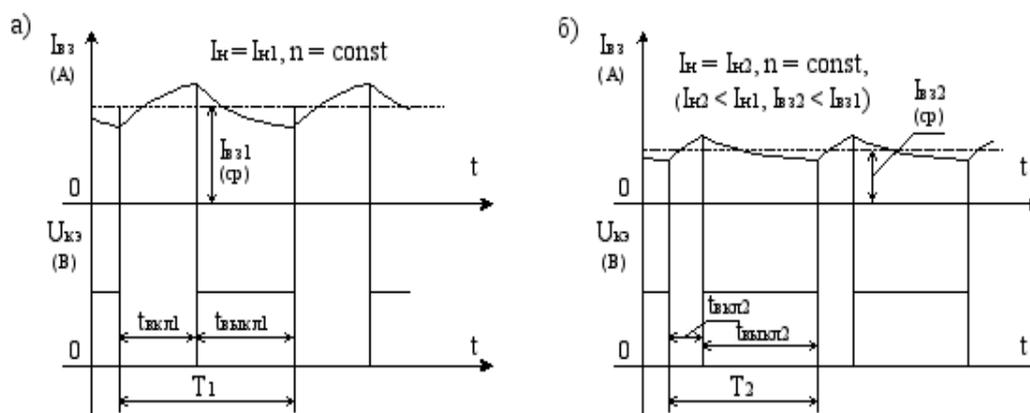


Рис. 4.3. Кривые изменения напряжения на коллекторе транзистора VT3 во времени

для двух значений тока возбуждения:

$t_{вкл}$ и $t_{выкл}$ – соответственно время включения и выключения обмотки возбуждения генератора; T_1 и T_2 – периоды вращения ротора генератора; $I_{вз1}$ и $I_{вз2}$ – среднее значение тока в обмотке возбуждения

Таким образом, регулировка напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени подключения обмотки возбуждения к цепи питания. При этом ток в обмотке возбуждения и напряжение между коллектором и эмиттером силового транзистора VT3, коммутирующего ток обмотки возбуждения изменяется так, как показано на рис. 4.3. Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, время включения обмотки уменьшается и наоборот.

В схеме регулятора по рис. 4.2 имеются элементы, *характерные для схем всех применяющихся на автомобилях регуляторов напряжения*. Диод VD2 при закрытии составного транзистора VT2, VT3 предотвращает опасные всплески напряжения, возникающие из-за обрыва цепи обмотки возбуждения со значительной индуктивностью.

В этом случае ток обмотки возбуждения может замыкаться через этот диод, и опасных всплесков напряжения не происходит. Поэтому диод VD2 называется гасящим. Сопротивление R3 является сопротивлением жесткой обратной связи. При открытии составного транзистора VT2, VT3 оно оказывается подключенным параллельно сопротивлению R2 делителя напряжения. При этом напряжение на стабилитроне VD1 резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора и повышает частоту этого переключения. Это благотворно сказывается на качестве напряжения генераторной установки. Конденсатор C1 является своеобразным фильтром, защищающим регулятор от влияния импульсов напряжения на его входе.

Вообще конденсаторы в схеме регулятора либо предотвращают переход этой схемы в колебательный режим и возможность влияния посторонних высокочастотных помех на работу регулятора, либо ускоряют переключения транзисторов.

В последнем случае конденсатор, заряжаясь в один момент времени, разряжается на базовую цепь транзистора в другой момент, ускоряя броском разрядного тока переключение транзистора и, следовательно, снижая потери мощности в нем и его нагрев.

Из рис. 4.2 хорошо видна **роль лампы контроля работоспособного состояния генераторной установки HL**.

При неработающем двигателе внутреннего сгорания замыкание контактов выключателя зажигания SA позволяет току от аккумуляторной батареи GA через эту лампу поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечива-

ется первоначальное возбуждение генератора. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва.

После запуска двигателя, на выводах генератора Д и «+» появляется практически одинаковое напряжение и лампа гаснет. Если генераторная установка при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа НЛ продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генераторной установки или обрыве приводного ремня. Введение резистора R в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы НЛ. При наличии этого резистора, если при работающем двигателе автомобиля произойдет обрыв цепи обмотки возбуждения, то лампа НЛ загорится.

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 - понижалось.

Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения в некоторых схемах регуляторов применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включаемый 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.

В рассмотренной схеме регулятора напряжения, как и во всех регуляторах аналогичного типа, частота переключений в цепи обмотки возбуждения изменяется по мере изменения режима работы генератора. Нижний предел этой частоты составляет 25-50 Гц.

Однако имеется и другая разновидность схем электронных регуляторов, в которых частота переключения строго задана. Регуляторы такого типа оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который и обеспечивает заданную частоту переключения. Применение ШИМ снижает влияние на работу регулятора внешних воздействий, например, уровня пульсаций выпрямленного напряжения и т.п.

В настоящее время все больше зарубежных фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя. Для автоматического предотвращения разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля в регулятор такого типа заводится фаза генератора. Регуляторы, как правило, оборудованы ШИМ, который, например, при неработающем двигателе

переводит выходной транзистор в колебательный режим, при котором ток в обмотке возбуждения невелик и составляет доли ампера.

После запуска двигателя сигнал с вывода фазы генератора переводит схему регулятора в нормальный режим работы.

Схема регулятора осуществляет в этом случае и управление лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки.