

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

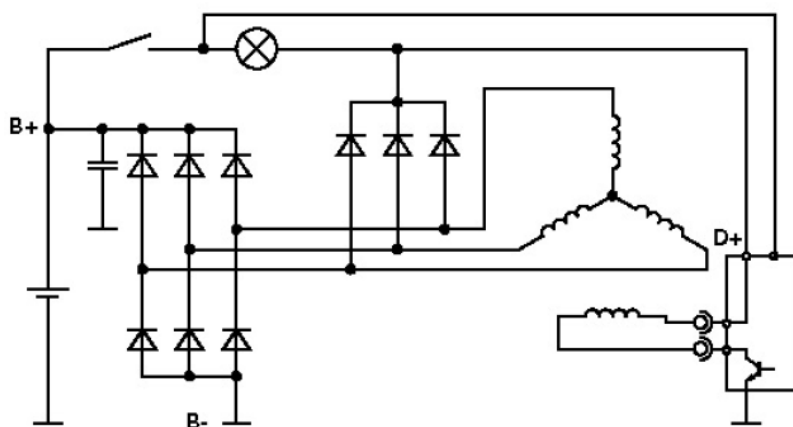
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

Иванюга М.М.

# **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ,  
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
И ОБСЛУЖИВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Методическое пособие  
для выполнения лабораторной работы  
для студентов направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника



Брянская область, 2024

УДК 621.3:631.3 (076)

ББК 31.2:40.72

И 19

Иванюга, М. М. Электрооборудование мобильной сельскохозяйственной техники: конструкция, принцип действия, оценка технического состояния и обслуживание генераторной установки: методическое пособие для выполнения лабораторной работы для студентов направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / М. М. Иванюга. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. - 63 с.

Методическое пособие содержит краткие теоретические сведения по изучаемому материалу и выполнению работы, контрольные вопросы для проверки глубины усвоения материала, необходимые данные по оформлению отчета. Предназначено для использования студентами очной и заочной форм обучения направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Рецензенты:

Яковенко Н.И. - к.т.н., доцент кафедры Электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Панов М.В.А. - к.т.н., доцент кафедры Автоматики, математики и физики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол № 4 от 28 февраля 2024 года.*

© Брянский ГАУ, 2024

© Иванюга М.М., 2024

## Содержание

Лабораторная работа. Конструкция, принцип действия, оценка технического состояния и обслуживание генераторной установки	4
Теоретические сведения	4
Оборудование и материалы	47
Программа работы	47
Методика выполнения работы	47
Содержание отчета	58
Контрольные вопросы	58
Литература	60
Приложение	61

## **Лабораторная работа**

### **КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Цель работы:

- изучить устройство и принцип действия генераторов переменного тока и реле-регуляторов;
- научиться определять техническое состояние, а также выявлять и устранять неисправности составных частей генераторной установки;
- усвоить правила технического обслуживания.

#### **Теоретические сведения**

Система электроснабжения мобильной сельскохозяйственной техники-совокупность машин и аппаратов, предназначенных для производства, распределения и передачи электроэнергии потребителям соответствующего качества.

На мобильной сельскохозяйственной технике применяют системы электроснабжения постоянного тока.

Система электроснабжения включает в себя источники электроэнергии (генератор, аккумуляторная кислотная батарея), регулирующие устройства, элементы контроля и защиты от не нормальных режимов работы (реле с контрольной лампой или одна контрольная лампа).

Основным источником электрической энергии в системе электроснабжения является генератор переменного тока с выпрямителем, который приводится во вращение от шкива коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания посредством ременной передачи. Генераторная установка состоит из генератора и регулятора напряжения. Генераторная установка предназначен для зарядки аккумуляторной батареи и снабжения электрической энергией потребителей (система зажигания, система впрыска топлива, электронный блок управления ЭБУ, освещение и др).

Для зарядки аккумуляторной батареи генератору требуется ток больший, чем для питания электрооборудованию.

Генераторные установки в процессе развития претерпели существенные изменения. Коллекторные генераторы постоянного тока, работающие совместно с вибрационными реле -регуляторами, вытеснены вентильными генераторами с транзисторными или тиристорными регуляторами напряжения. Большинство генераторов в настоящее время представляют собой устройство, в которое встроены силовой выпрямитель (в ряде случаев и дополнительный для питания обмоток возбуждения) и регулятор напряжения. Существенно усложнились схемы генераторных установок. В них появились элементы защиты от возможных аварийных режимов.

При наличии встроенного в генератор интегрального регулятора напря-

жения, упрощается монтаж генераторной установки, снижается трудоемкость технического обслуживания, уменьшается расход монтажных проводов и снижается вероятность возникновения аварийных режимов из-за коротких замыканий в бортовой сети электрооборудования и ошибок при монтаже.

Генераторная установка - достаточно надежное устройство, способное выдерживать повышенную вибрационную нагрузку, высокую температуру под капотом автомобиля, воздействие влажной среды, грязи и других факторов.

Мощность генератора и мощность аккумуляторной батареи и потребляемая мощность электрооборудования должны соответствовать друг другу. Это необходимо для того, чтобы при любых условиях эксплуатации в бортовую сеть поступал достаточный ток, и аккумуляторная батарея всегда заряжалась до заданного уровня, то есть чтобы поддерживался положительный зарядный баланс.

Поскольку аккумуляторная батарея и электрооборудование должны получать постоянный ток, а генератор вырабатывает переменный, то ток выпрямляется при помощи диодного моста. Генераторная установка оснащена регулятором напряжения, который позволяет поддерживать напряжение в заданном диапазоне. Генераторные установки в мобильной сельскохозяйственной технике с напряжением бортовой сети 12 В рассчитаны на зарядное напряжение 14 В, а с напряжением 24 В - на 28 В соответственно.

Основное требование предъявляемое к системе электроснабжения это надежное обеспечение потребителей электрической энергией при различных условиях эксплуатации.

Напряжение в бортовой сети электрооборудования должно быть стабильным в широких диапазонах изменений частоты вращения ротора генератора и нагрузки. Слишком низкое напряжение приводит к недозаряду батареи. Слишком высокое напряжение вызывает перезаряд батареи и ускоренный выход ее из строя. Весьма чувствительны к уровню напряжения бортовой сети лампы накаливания приборов освещения и сигнализации.

Надежность системы электроснабжения предопределяет безопасность движения автомобиля и выполнения различных операций трактором. Система электроснабжения должна сохранять эксплуатационные показатели, при различных режимах и условиях работы.

Параметрами, характеризующими генераторную установку, являются номинальное напряжение, уровень и диапазон изменения регулируемого напряжения, качество электрической энергии, диапазон частот вращения.

*Генераторная установка должна удовлетворять следующим требованиям*

1. Создавать достаточную для всех потребителей мощность;
2. Обеспечивать запас мощности для заряда аккумуляторной батареи даже при включенной нагрузке от непрерывно эксплуатируемых устройств;
3. Вырабатывать достаточное количество энергии на холостых оборотах коленчатого вала;
4. Поддерживать постоянное напряжение бортовой сети в заданном диапазоне при различных частотах вращения и нагрузках;
5. Должна иметь низкий уровень шума, высокий КПД, эффективное соот-

ношение между мощностью и массой;

6. Обладать надежной конструкцией, способной выдерживать внешние нагрузки (вибрацию, высокую окружающую температуру, перепады температуры, грязь, влагу);

7. Можно меньше нуждаться в техническом обслуживании;

8. Должна легко диагностироваться.

*Обозначение генераторов и регуляторов напряжения* выполняется рядом цифр, которые определяют их порядковый номер модели, модификацию, исполнение и назначение. Обозначение элементов генераторной установки производится по схеме:

xxxx. 3701-генератор;

xxxx. 3702-регулятор напряжения.

Вместо значков «x» в обозначении ставятся цифры от 0 до 9.

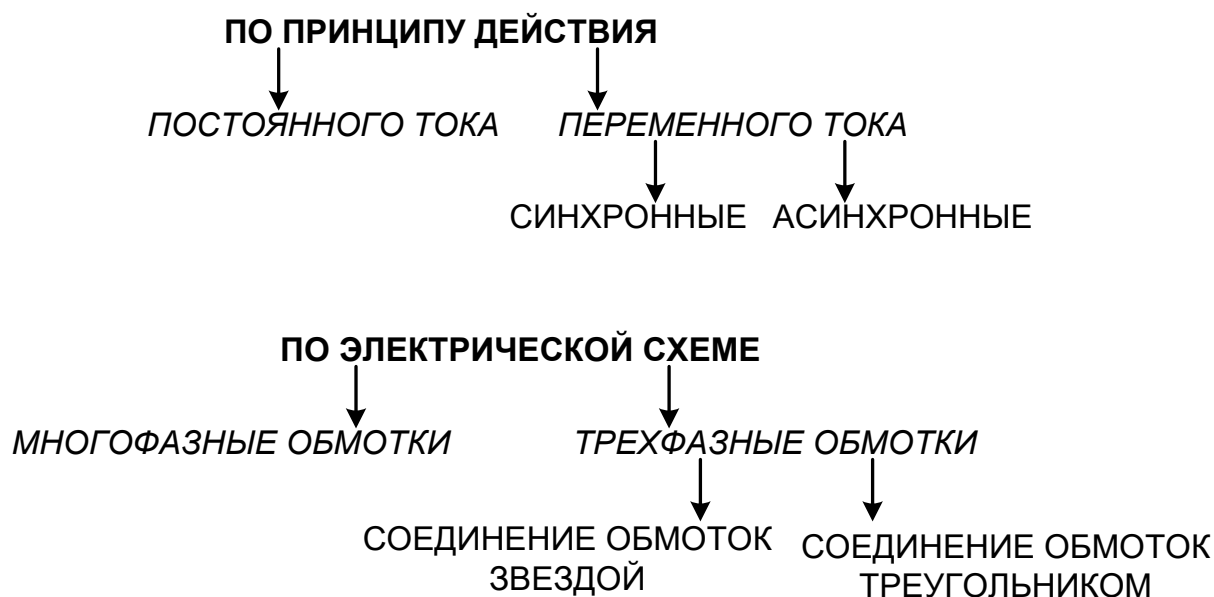
Первые две цифры обозначают порядковый номер модели, третья цифра - модификацию изделия, четвертая цифра - климатическое исполнение (1 - для холодного климата, 2 - общеклиматическое исполнение, 3 - для умеренного и тропического климата, 6 - экспортное исполнение, 7 - тропическое исполнение, 8 - экспортное исполнение для стран с холодным климатом, 9 - экспортное общеклиматическое исполнение).

Цифры до точки, кроме первых двух, могут опускаться.

### Классификация автомобильных генераторов

Генераторы разделяются по конструктивным отличиям, по принципу действия, по электрической схеме, по способу охлаждения, по типу привода, по ряду других признаков.

На рисунке 1 представлена классификация автомобильных генераторов.



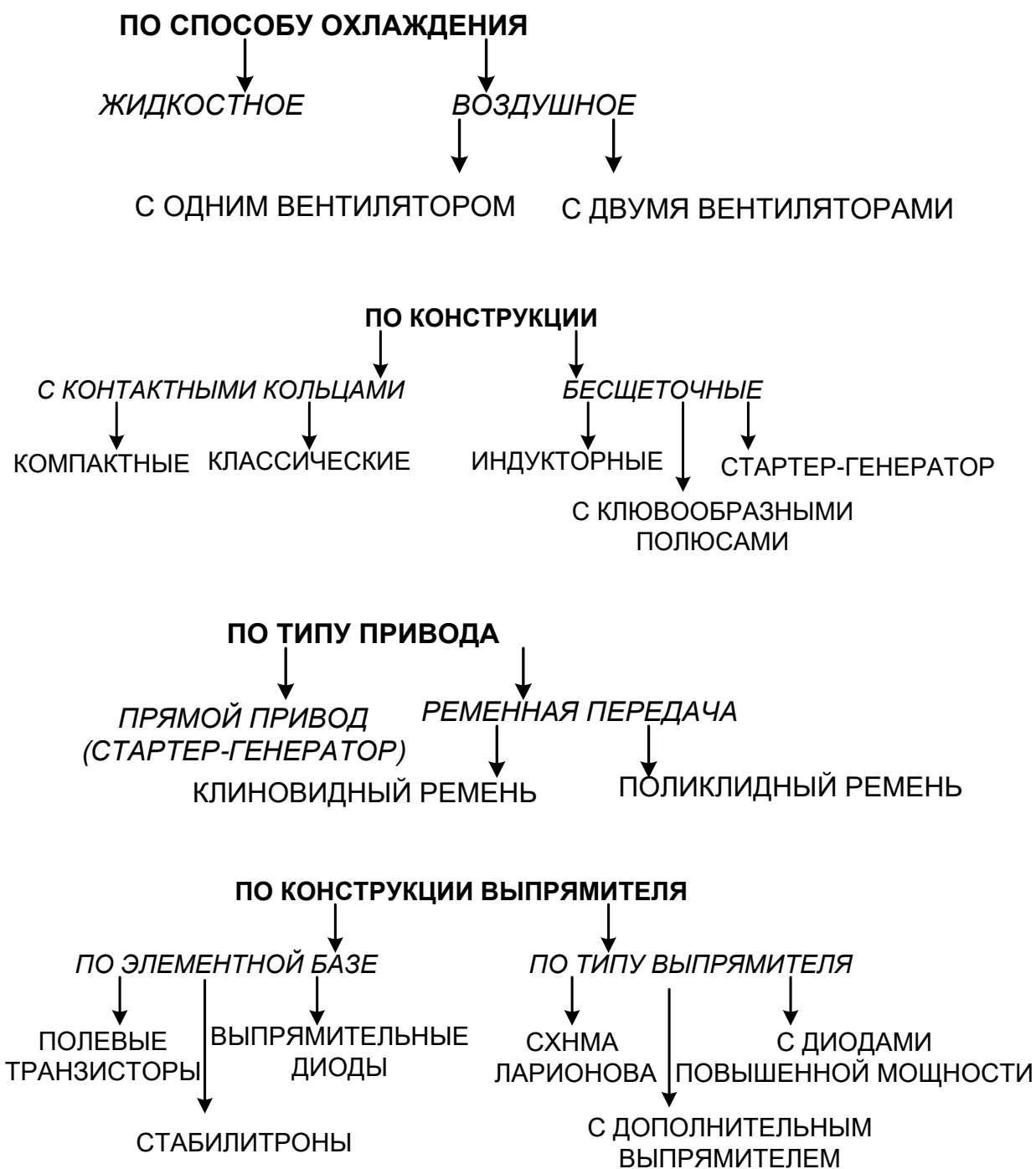


Рисунок 1 - Классификация автомобильных генераторов

Генераторы постоянного тока в настоящее время на мобильной сельскохозяйственной технике не используют, так как они ненадежны в работе сложны в изготовлении и обслуживании, а значит дорогостоящие. Генераторы постоянного тока были вытеснены синхронными генераторами переменного тока с последующим его выпрямлением. Асинхронные генераторы используются реже они применяются в основном, в качестве стартер-генераторов, используемых в системах СТАРТ-СТОП.

Большинство генераторов современной автотракторной техники - это ге-

нераторы с контактными кольцами, они позволяют изменять силу тока в обмотке возбуждения.

Компактная конструкция имеет увеличенную частоту вращения ротора и измененную систему охлаждения. Все больше в настоящее время используются бесщеточные генераторы, приходящие на смену генераторам с контактными кольцами. Они имеют повышенную надежность, однако уступают по массогабаритным показателям. Кроме того, такие генераторы сложнее в изготовлении. Стартер-генераторы обеспечивают большую мощность по сравнению с другими (4 - 7 кВт), поэтому в перспективе будут вытеснять последние.

Электрическая схема генераторов переменного тока может быть трехфазной и многофазной. Электрическая схема многофазная используется в генераторах индукторного типа. Так как мощность современных генераторов превышает 1 кВт, то обмотки статора соединяют по схеме треугольник для уменьшения сечения обмоточного провода.

Выпрямительные диоды большинства генераторов соединены по схеме Ларионова, представляющей собой мостовую трехфазную схему. Диоды повышения мощности использовались только на генераторах с обмотками, соединенными по схеме звезда для выпрямления третьей гармоники. Дополнительный выпрямитель также не используется в новых разработках, поскольку его функции возложены на многофункциональные регуляторы напряжения. Использование для коммутации тока полевых транзисторов позволяет снизить величину падения напряжения общие потери энергии в выпрямительном блоке.

Регуляторы напряжения современных генераторов, как правило, конструктивно объединены со щеткодержателем. Обычные регуляторы напряжения, массово применявшиеся на автомобилях, вытесняются многофункциональными, в том числе управляемыми электронным блоком управления двигателем посредством шин передачи данных (например, LIN).

По способу охлаждения генераторы делятся на генераторы воздушного и жидкостного охлаждения. Жидкостное охлаждение используется на генераторах большой мощности, работающих в сложных условиях эксплуатации. Воздушное охлаждение классических генераторов обеспечивается одним вентилятором расположенном либо внутри или снаружи генератора, а компактных генераторах охлаждение осуществляется - двумя вентиляторами.

Для привода во вращение ротора генератора используется передача при помощи бесконечного ремня. На генераторах классической конструкции, используются одно- и двух ручьевые шкивы, а компактные генераторы оборудуют поликлиновыми шкивами.

### Принцип действия автомобильных генераторов

В основе работы генератора лежит эффект электромагнитной индукции.

Если проводник, пронизывает магнитный поток, то при изменении магнитного потока на концах проводника появляется переменное электрическое напряжение. И, наоборот, для образования магнитного потока достаточно пропустить через проводник электрический ток.



Преобразование механической энергии, ДВС генератором в электрическую происходит, в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Суть явления состоит в том, что, если изменять магнитный поток, пронизывающий катушку выполненную из провода, то на выводах катушки появляется электрическое напряжение, равное произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока. Совокупность таких катушек образует в генераторе обмотку статора. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по значению и направлению, что обеспечивается в щеточной конструкции вентильного генератора или только по значению, что характерно для индукторного бесщеточного генератора. Для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Эта катушка образует обмотку возбуждения. Сталь, в отличие от воздуха, хорошо проводит магнитный поток. Поэтому основные узлы генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, состоят из стальных участков и обмоток, в которых создается магнитный поток при протекании в ней электрического тока (обмотка возбуждения), и возникает электрический ток при изменении этого потока (обмотка статора).

Принцип действия простейшего генератора рисунок 2, заключается в следующем:

- а) вращение постоянного магнита создает переменное магнитное поле;
- б) при пересечении этим полем витков обмотки статора в них наводится переменная ЭДС;
- в) переменная ЭДС выпрямляется и поступает к потребителям.

Недостатком такого генератора является то, что величина ЭДС прямо пропорциональна частоте вращения ротора и регулировке не подлежит.

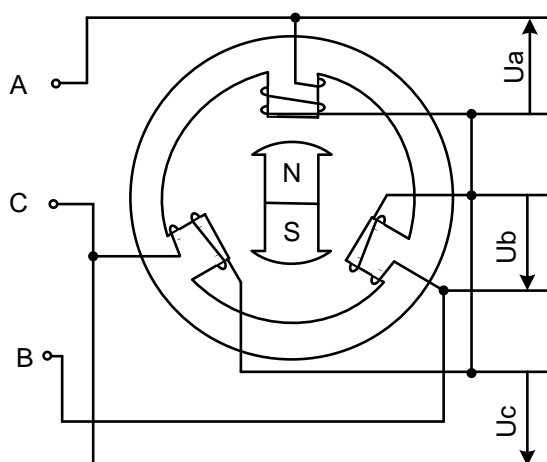


Рисунок 2 - Генератор переменного тока с ротором, представляющим собой постоянный магнит

Синхронный вентильный щеточный генератор представлен на рисунке 3.

Основными узлами генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, являются магнитная система с обмоткой возбуждения 4 рисунок 3 и стальными участками магнитопровода 1, по ко-

торым протекает магнитный поток  $\Phi$ , и обмотка статора 2, в которой индуцируется ЭДС при изменении магнитного потока. Магнитный поток создается обмоткой возбуждения 4 при протекании по ней электрического тока и системой полюсов. Полюса с обмоткой возбуждения, кольца, через которые ток от щеток подводится к обмотке возбуждения, вал и некоторые другие конструктивные элементы образуют вращающийся ротор. Обмотка 2, в которой вырабатывается электрический ток, размещена на неподвижном магнитопроводе 1 и вместе с ним представляет собой статор.

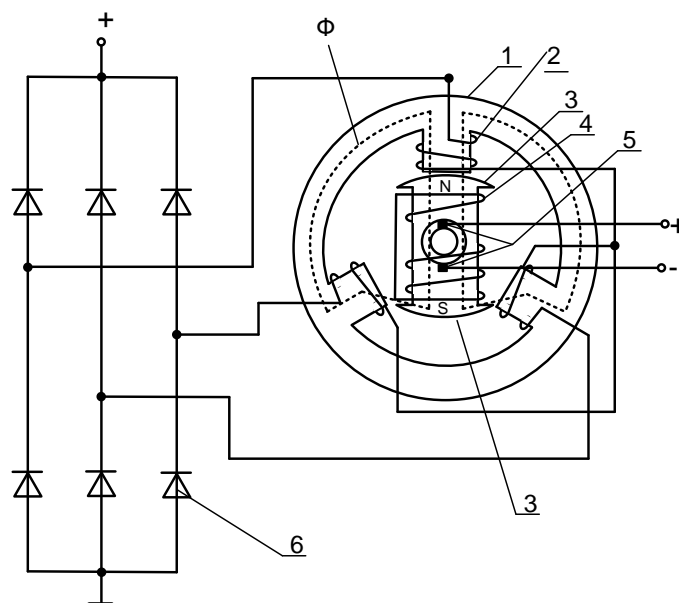


Рисунок 3 - Вентильный синхронный генератор:

1 - магнитопровод; 2 - обмотка статора; 3 - полюс ротора;  
4 - обмотка возбуждения; 5 - щетки; 6 - выпрямитель

При вращении ротора напротив полюсов статора с расположенными на них обмотками фаз оказываются то северный N, то южный S полюсы ротора. Магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий обмотки статора, изменяется по величине и направлению, что и приводит к появлению в обмотках переменной ЭДС. Частота  $f$  изменения ЭДС связана с частотой  $n_p$  вращения ротора и числом  $p$  пар полюсов ротора соотношением:

$$f = n_p p / 60.$$

В отечественных автомобильных вентильных генераторах число пар полюсов  $p = 6$ , поэтому частота их переменного тока в десять раз меньше частоты вращения ротора. Чем выше частота вращения ротора и больше величина магнитного потока, тем быстрее происходит его изменение внутри катушек фаз статора и тем выше значения наводимой в них ЭДС.

Обмотка каждой фазы может иметь несколько катушек, соединенных последовательно, параллельно и смешанно. Фазовые обмотки статора соединяют в многолучевую звезду или многоугольник.

В трехфазном генераторе имеются три группы катушек, смещенные в пространстве на  $120^\circ$ .

При соединении фаз в звезду, рисунок 4 концы фаз соединяют в нулевой точке, которую изолируют в генераторе или выводят отдельным нулевым проводом.

Соединении звездой это когда предполагаемые концы или начала соединяются в одну точку, а вторые выводы подключаются к линейным проводам. Такое соединение обладает хорошими выходными характеристиками при низких оборотах.

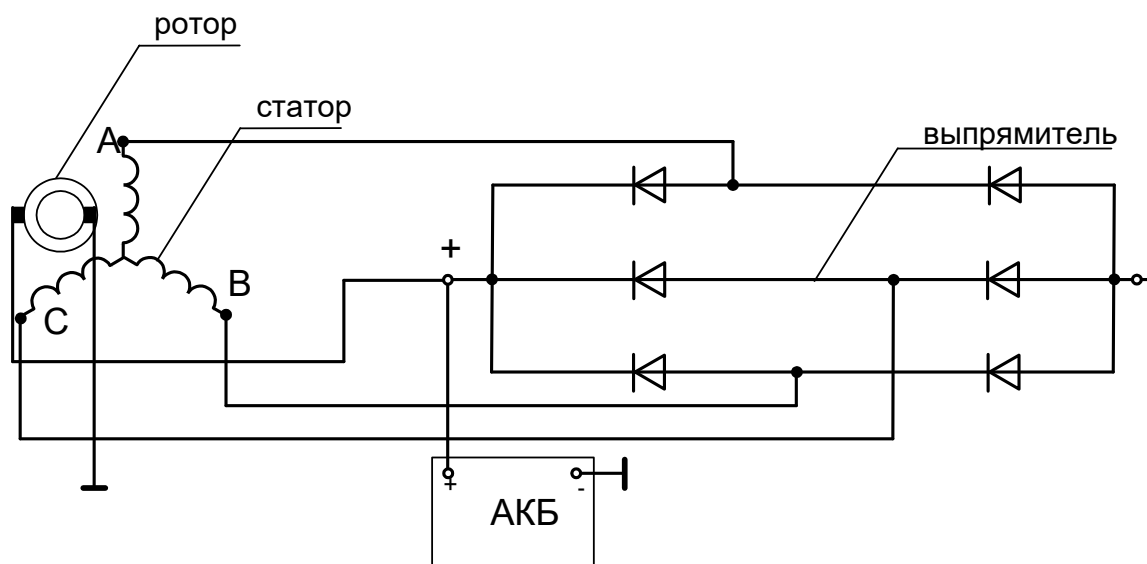


Рисунок 4 - Соединение обмоток статора по схеме звезда

Построения фаз в звезду и треугольник отличаются соотношениями линейных  $U_{л}$  и фазных  $U_{ф}$  напряжений, значениями сил линейного  $I_{л}$  и фазного  $I_{ф}$  тока, при соединении фаз в звезду  $I_{л} = I_{ф}$  и  $U_{л} = \sqrt{3}U_{ф}$ ,

При построении фаз в треугольник, рисунок 5 конец первой фазы соединяют с началом второй фазы, конец второй фазы - с началом третьей фазы, а конец третьей фазы - с началом первой фазы. К точкам соединения фаз подключают линейные провода, подводящие напряжение к выпрямителю.

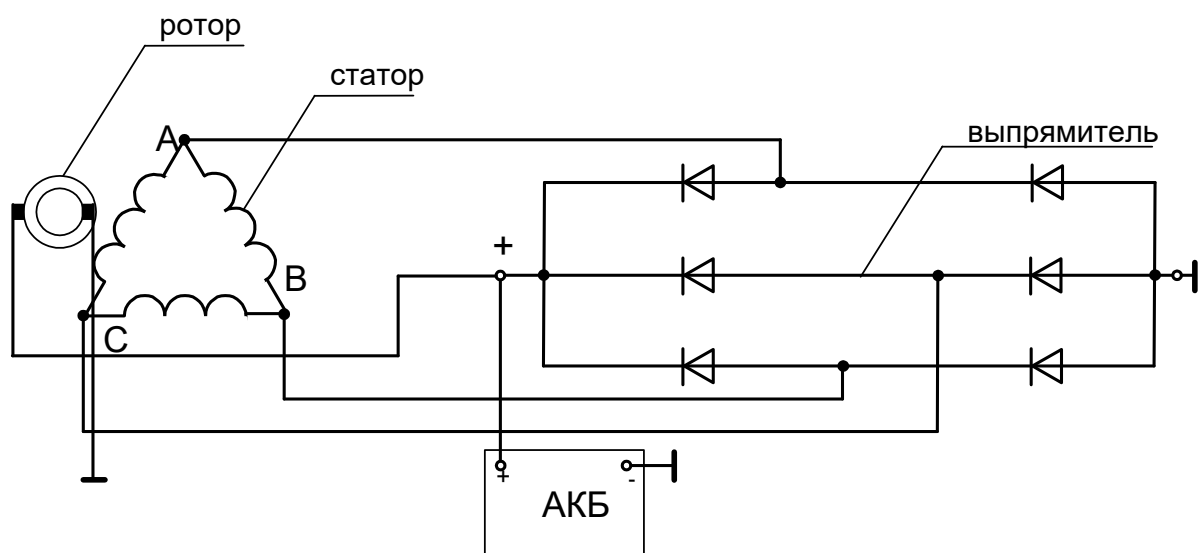


Рисунок 5 - Соединение обмоток статора по схеме треугольник

При соединении в треугольник  $U_{л} = U_{ф}$   $I_{л} = \sqrt{3} I_{ф}$

Начала фаз соединяют с выпрямителем. Выпрямитель выпрямляет тот переменный ток, который к нему подводится, т.е. линейные величины. При соединении в треугольник фазные токи в 3 раза меньше линейных, в то время как у звезды линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе токи в обмотках фаз при соединении в треугольник значительно меньше, чем при соединении фаз в звезду. В результате в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в треугольник, так как при токе меньшей силы обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейные напряжения у звезды в 3 раз больше фазного, в то время как у треугольника они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора соединение фаз в треугольник требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению с соединением в звезду.

Более тонкий провод можно применять и при соединении в звезду. В этом случае обмотку статора выполняют из двух параллельных обмоток, каждая из которых соединена в звезду, т.е. получается "двойная" звезда.

### Конструктивные исполнения генераторов

Вентильные генераторы с клювообразным ротором рисунок 6 представляет собой синхронную электрическую машину со встроенным полупроводниковым выпрямителем. Основными узлами генератора являются статор 8, ротор с клювообразными полюсами 9, щит стороны привода с монтажными фланцами 5, торцевой щит 1, ременной шкив 6, - внешний вентилятор 7, радиатор выпрямителя 2, регулятор напряжения со щетками 10 и выпрямительный блок 4.

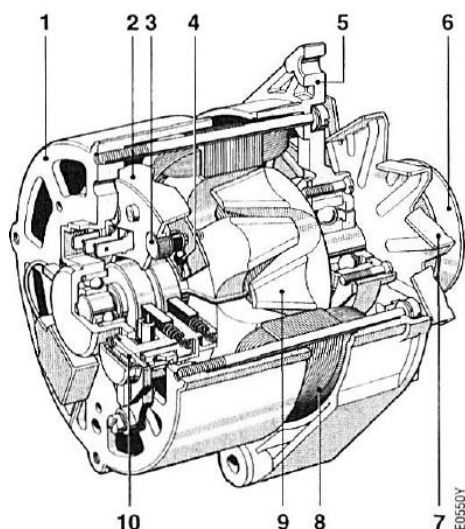


Рисунок 6 - Конструкция генератора классической конструкции

- 1 - торцевой щит; 2 - радиатор выпрямителя; 3 - силовой диод;  
 4 - диодный выпрямитель; 5 - щит стороны привода с монтажными фланцами;  
 6 - ременной шкив; 7 - внешний вентилятор; 8 - статор;  
 9 - ротор с клювообразными полюсами; 10 - регулятор напряжения

Статор генератора набирается из стальных пластин электротехнической стали толщиной 0,8 - 1,0 мм, рисунок 7. По внутреннему диаметру расположены пазы (их может быть 36 или 72), в которые укладывается обмотка статора, выполненная из эмалированного медного провода сечением 1,5 - 2,5 мм. Пазы изолированы пленочной изоляцией или напылением эпоксидного компаунда. Такая обмотка показана рисунке 7.

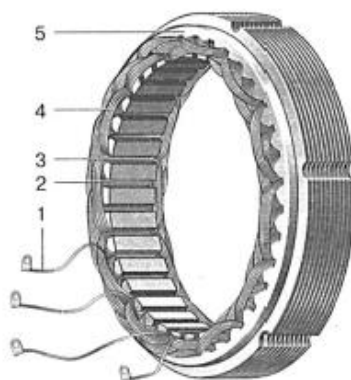


Рисунок 7 - Конструкция статора

- 1 - вывод фазы обмотки статора, 2 - пазовая часть обмотки статора,  
 3 -пазовый клин, 4 - лобовая часть обмотки статора 5 - пакет пластин статора

### Ротор генератора

Клювообразный ротор рисунок 8, состоит из двух полюсных половин, клювы которых образуют у одной половины северную, а у другой - южную системы полюсов

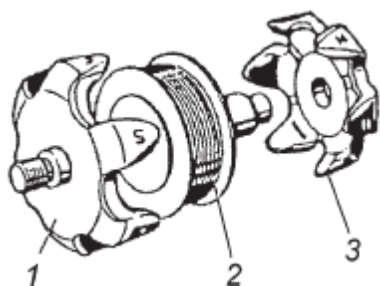


Рисунок 8 - Ключообразный ротор автомобильного вентильного генератора:  
 1 - полюсные половины южной системы; 2 - катушка обмотки возбуждения;  
 3- полюсные половины северной системы

При сборке южные полюса располагаются между северными, а обмотка возбуждения, надетая на стальную втулку, оказывается зажатой между полюсными половинами, образуя неразборную конструкцию.

Ключообразное исполнение позволяет с помощью одной катушки получить многополюсную систему. Генераторы оборудуют цилиндрическими контактными кольцами, выполненными из меди, латуни, нержавеющей стали, к которым припаяны (приварены) концы обмотки возбуждения.

Вал ротора изготавливается из легированной или мягкой автоматной стали, конец со стороны контактных колец цементируется и закаливается.

### Выпрямительный блок

Диодный выпрямительный блок рисунок 9, на трех параллельных полумостах на шести полупроводниковых диодах (схем Ларионова) преобразует переменный трехфазный ток статора в постоянный ток на выходе генератора. Выпрямительные диоды генератора играют роль одностороннего, пропускающего ток только в одном направлении, тем самым блокируя протекание электрического тока из бортовой сети автомобиля к обмоткам статора.

Выпрямительный блок представляет собой две металлические пластины-теплоотвода, в которые запрессовывают диоды таблеточного типа разной полярности (по три в каждую). Три малых диода выполняют вспомогательную функцию (питают обмотку возбуждения).



Рисунок 9 - Диодный мост автомобильного генератора

### Щеточный узел

Щеточный узел - это конструкция, в которой размещаются щетки, то есть скользящие контакты, рисунок 10.

В автомобильных генераторах применяются щетки двух типов - медно-графитные и графитные. Последние имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцом по сравнению с медно-графитными, что неблагоприятно сказывается на выходных характеристиках генератора, однако они обеспечивают значительно меньший износ контактных колец.

Щетки прижимаются к кольцам усилием пружин. Обычно щетки устанавливаются по радиусу контактных колец, но встречаются и так называемые реактивные щеткодержатели, где ось щеток образует угол с радиусом кольца в месте контакта щетки. Это уменьшает трение щетки в направляющих щеткодержателя и тем обеспечивается более надежный контакт щетки с кольцом. В последнее время щеткодержатель и регулятор напряжения образуют неразборный единый узел.



Рисунок 10 - Конструкция щеткодержателей

### Подшипниковые узлы

Подшипниковые узлы генераторов, это как правило, однорядные или двухрядные радиальные шариковые подшипники с одноразовой закладкой пла-

стичной смазки на весь срок службы и одно или двухсторонними уплотнениями, встроенными в подшипник. Посадка подшипников на вал со стороны контактных колец с натягом, со стороны привода - переходная. Посадочные места в крышках наоборот в задней крышке переходная, в передней с натягом.

### Привод генератора

Ротор генератора может приводиться в движение клиновым или поликлиновым ремнём, через шкив, установленный на его валу рисунок 11.

На рисунке 11 показаны шкивы клиновидный 11а и поликлиновидный 11б.

Важным параметром, влияющим на работу генератора, является передаточное число между валами ДВС и генератора. Качество электроэнергии будет зависеть от передаточного числа, то есть от диаметра шкива коленчатого вала и диаметра шкива генератора.

Для лучшего качества электропотребителей это число должно быть как можно больше, при этом частота вращения генератора будет больше, и он сможет выдать больше электроэнергии. Но с увеличением частоты вращения происходит ускоренный износ приводного ремня и шкивов, поэтому передаточные числа должны быть оптимальны для клиновых ремней 1,8 - 2,5, для поликлиновых до 3.

В соответствии с их размерами генераторы разделены на пять групп. Генераторы первой - четвертой групп крепятся к двигателю на лапах. Генераторы пятой группы крепятся на подушке хомутом.

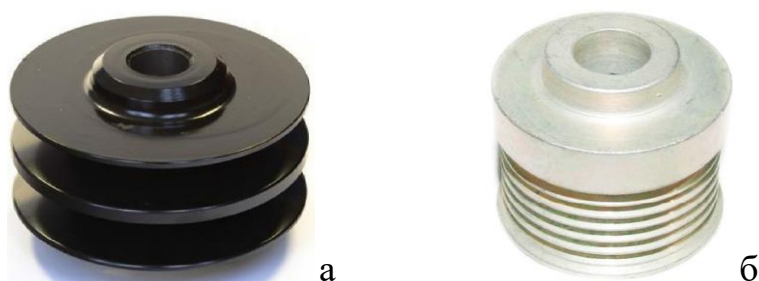


Рисунок 11 - Приводные шкивы генератора  
а - клиновидный; б – поликлиновидный



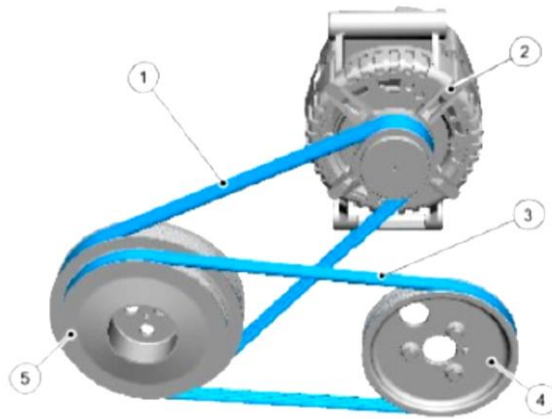


Рисунок 12 - Привод генератора  
 1 - ремень привода генератора; 2 -генератор;  
 3 - ремень привода усилителя рулевого управления;  
 4 - шкив насоса усилителя рулевого управления  
 5 - шкив двигателя внутреннего сгорания

На валу генератора вместе со шкивом может быть установлена обгонная муфта рисунок13. Она предназначена для сведения к минимуму нежелательных воздействий неравномерности вращения.



Рисунок 13 - Обгонная муфта шкива генератора

Шкив генератора с обгонной муфтой оснащён комбинацией из прецизионных роликоподшипников и подпружиненных игольчатых подшипников, что обеспечивает надёжную работу в режиме свободного хода и в режиме блокировки.

Разобсающая муфта генератора оснащена встроенной торсионной пружиной и пакетом дисков сцепления.

Торсионная пружина служит для мягкого разгона приводимых агрегатов, а пакет дисков сцепления обеспечивает функцию расцепления.



Рисунок 14 - Устройство обгонной (слева) и разобщающей (справа) муфты шкива генератора

Компактные генераторы это разновидность классических генераторов с клювообразным ротором применяются на современных легковых автомобилях.

Охлаждения таких генераторов более совершенно, вместо внешнего центробежного вентилятора большого диаметра на роторе внутри генератора установлены два вентилятора малого диаметра. Это снижает уровень шума, увеличивает КПД и делает генератор более компактным, что обеспечивает совершенство при его размещении на ДВС с большой плотностью компоновки оборудования в подкапотном пространстве.

Поток охлаждения направленный из окружающего воздуха вдоль оси и выходит из генератора радиально вблизи лобовых частей статорных обмоток через щели в подшипниковых щитках со стороны привода и со стороны контактных колец рисунок 15.

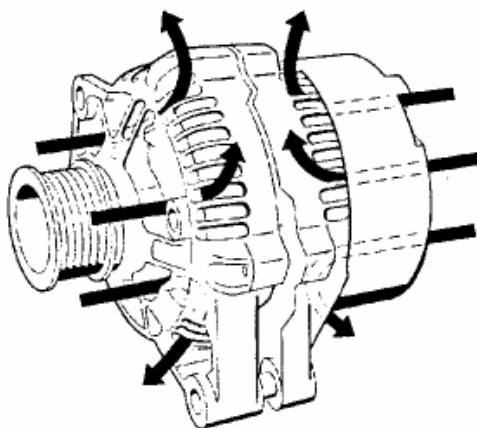


Рисунок 15 - Система охлаждения генераторы компактной конструкции

Стрелками указано направление потоков охлаждающего воздуха.

На рисунке 16 показано устройство компактного генератора в разрезе.

Обычно "компактные" генераторы оснащаются приводом с повышенным передаточным отношением через поликлиновый ремень и поэтому получили название высокоскоростные генераторы.

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.

Основные преимущества генератора компактной конструкции:

- высокая степень использования благодаря высокой максимальной частоте вращения;
- низкие аэродинамические шумы благодаря небольшому диаметру вентиляторов;
- низкий уровень магнитного шума;
- большой срок службы щеток из-за меньшего размера диаметра контактных колец.

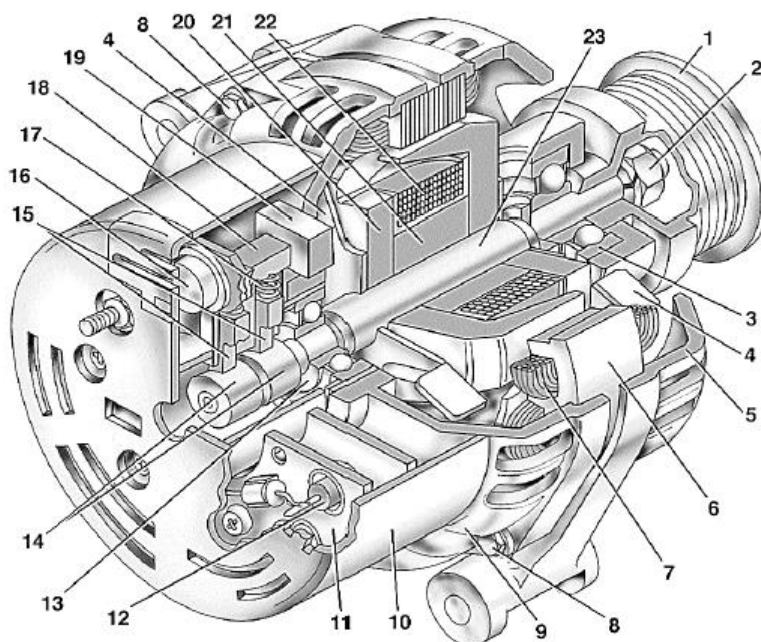


Рисунок 16 - Конструкция генератора компактной конструкции

- 1 - шкив генератора, 2 - гайка шкива, 3 - передний подшипник, 4 - крыльчатка, 5 - передняя крышка, 6 - статор, 7 - обмотка статора, 8 - стяжные болты, 9 - задняя крышка, 10 - защитный кожух, 11 - выпрямительный блок, 12 - диод выпрямителя, 13 - задний подшипник, 14 - контактные кольца, 15 - щетки, 16 - регулятор напряжения, 17 - пружина щеткодержателя, 18 - щеткодержатель, 19 - помехоподавительный конденсатор, 20 - ротор, 21 - стальная втулка, 22 - обмотка ротора, 23 - вал ротора

### Бесщёточные генераторы

Бесщёточные генераторы применяются там, где возникают требования повышенной надежности и долговечности. Повышенная надежность этих генераторов обеспечивается тем, что у них отсутствует щеточно-контактный узел, подверженный износу и загрязнению, а обмотка возбуждения неподвижна. Недостатком генераторов этого типа являются увеличенные габариты и масса.

Наиболее распространена конструкция, бесщеточного автомобильного генератора, представленная на рисунке 16.

Отличие этой конструкции состоит в том, что одна клювообразная полюсная половина посажена на вал, как у обычного щеточного генератора, а другая в урезанном виде приваривается к ней по клювам немагнитным материалом.

Бесщеточные генераторы промежуточные между генератором с клювообразным исполнением ротора. Это генератор с укороченными полюсами рисунок 16. Обмотка находится в подвешенном состоянии над стальной втулкой между двумя полюсными половинами.

Магнитный поток в данном генераторе имеет постоянное направление у каждой полюсной половины, что характерно для индукторного генератора, но в целом направление магнитного потока, пронизывающего катушки фаз статора, меняется.

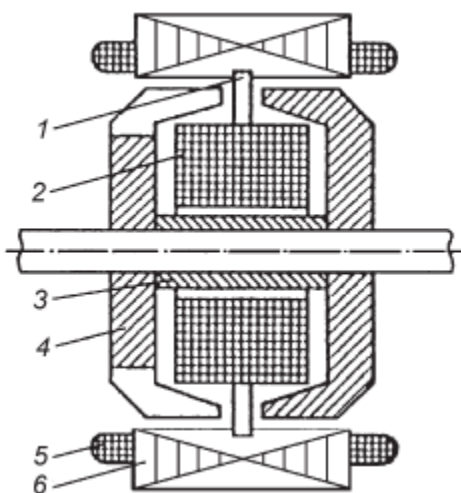


Рисунок 16- Конструктивная схема бесщеточного вентильного генератора с укороченными полюсами:

- 1 - крепежный элемент обмотки возбуждения; 2 - обмотка возбуждения;
- 3 - втулка; 4 - полюсные половины с укороченными полюсами;
- 5 - обмотка статора; 6 - статор

#### Конструктивная схема индукторного генератора

Принципиальное отличие индукторных генераторов заключается в том, что обмотка возбуждения размещена не на роторе, а является частью статора.

Индукторный генератор представляет собой вентильную бесконтактную трехфазную электрическую машину с односторонним электромагнитным возбуждением с подмагничиванием от постоянных магнитов и встроенными силовым и дополнительным выпрямителями.

Силовой выпрямитель собран по трехфазной двух полупериодной схеме. Через дополнительный выпрямитель обеспечивается электроснабжение обмотки возбуждения катушки переменного тока, при работе которого в режиме холостого хода магнитная индукция в любой точке поверхности расточки статора

(якоря) изменяется только по величине без изменения направления, т.е. является пульсирующей. В индукторном генераторе обмотки и статора, и ротора (индуктора) неподвижны, а изменение магнитного потока, пронизывающего катушки обмоток фаз статора, вызывается перемещением ферромагнитной массы ротора.

Существует большое число модификаций индукторных генераторов, причем такое разнообразие касается не столько конструктивных элементов, сколько конфигурации магнитной системы и схем обмотки статора.

Генератор индукторного типа рисунок 17 представляет собой бесконтактную, одноименно полюсную электрическую машину переменного тока с односторонним электромагнитным возбуждением.

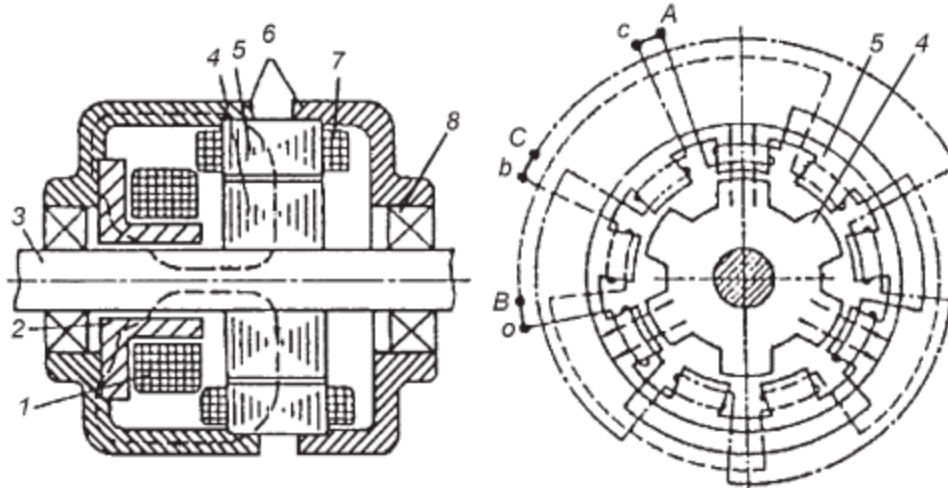


Рисунок 17 - Конструкция индукторного генератора

- 1 - статор, 2 - ротор, 3 - крышка, 4 - подшипник, 5 - вал генератора,  
6 - обмотка статора, 7 - обмотка возбуждения,  
8 - неподвижная стальная втулка, 9 - постоянный магнит

Стальная звездочка ротора 4 вращается вместе с валом 3, который проходит внутри подвижной втулки 2. На втулке закреплена обмотка возбуждения, а на зубцах статора - его обмотка 7. При прохождении постоянного тока через обмотку возбуждения в магнитной цепи генератора возникает магнитный поток (силовые линии показаны штрихпунктирной линией). Магнитный поток замыкается через воздушный зазор между втулкой 2 и валом 3, звездочку ротора, рабочий зазор между ротором и статором, пакет статора, крышку 6 со стороны катушки возбуждения и толстостенную шайбу или фланец втулки 2. Пакет статора набирается из листовой стали. Ротор может быть шихтованным или монолитным.

Катушки обмотки статора имеют шаг, равный или близкий к зубцовому делению статора или половине зубцового деления ротора. Полюсным делением индукторной машины является половина зубцового шага ротора, поэтому зубец и паз ротора можно рассматривать как разноименные полюса индуктора.

Для одноименно полюсного индукторного генератора характерны следующие особенности:

- наличие осевой намагничивающей силы и соответствующего осевого магнитного потока;
- наличие массивных участков в магнитной цепи, таких как корпус, ротор и втулка ротора;
- зубцы статора перемагничиваются с основной частотой, поэтому зубцовая зона статора должна быть выполнена из шихтованной стали.

Частота ЭДС, наведенной в обмотке индукторного генератора, независимо от конфигурации зубцовой зоны, определяется только числом зубцов ротора и частотой вращения его вала.

Конструкция индукторных генераторов проста. Они технологичны при производстве и надежны в эксплуатации, имеют высокий КПД, хорошие регулировочные характеристики, работоспособны в сложных условиях эксплуатации.

Конструкция одноименно полюсных генераторов может быть одно или двухпакетной. Однопакетные генераторы выполняются как с односторонним, так и двухсторонним возбуждением.

Недостатками однопакетной конструкции являются наличие дополнительного зазора, а также необходимость выполнения держателей подшипников (корпус, крышки) из магнитомягкого материала, что ухудшает массогабаритные показатели генератора.

Вентильные индукторные генераторы устанавливаются на автомобилях и на всех отечественных тракторах и сельскохозяйственных машинах. Конструктивно такие генераторы представляют собой одноименно полюсные индукторные машины с односторонним или двухсторонним электромагнитным возбуждением, встроенными выпрямителями и интегральными регуляторами напряжения.

### Генераторы интегрального исполнения

Перспективно применение на автомобилях интегрированных генераторов, т.е. генераторов, объединенных с двигателем внутреннего сгорания. Встроенные интегральные конструкции позволяют повысить их технические, эксплуатационные и экономические показатели за счет повышения КПД и меньшего числа конструктивных элементов. Эффективность такой конструкции значительно возрастает, если встроенная в первичную силовую установку электрическая машина используется в качестве как генератора, так и электростартера для осуществления пуска двигателя.

Применение интегрированных стартер генераторов, в которых функции электростартера и генератора выполняет одна электрическая машина, позволяет существенно снизить расход материалов.

### **Выпрямление переменного тока**

Переменный ток вентильных автотракторных генераторов выпрямляется за счет кремниевых полупроводниковых диодов. У диодов два вывода, анод и катод, они пропускают ток только от анода к катоду. Диоды бывают прямой и обратной полярности и в выпрямителях генераторов устанавливают те и дру-

гие. У диода прямой полярности с корпусом соединен катод, а у диода обратной полярности - анод.

В зависимости от числа  $m$  фаз статорных обмоток могут использоваться одно, трех и многофазные ( $m > 3$ ) схемы выпрямления. Выпрямители бывают однополупериодными или двухполупериодными. В однополупериодных схемах выпрямления ток в обмотках статора протекает только один раз за период, а в двухполупериодных - дважды (в противоположных направлениях).

Однополупериодное выпрямление переменного тока однофазного источника  $G$  показан на рисунке 18. Он имеет один диод  $VD$ , который включается последовательно с нагрузкой  $R$ .

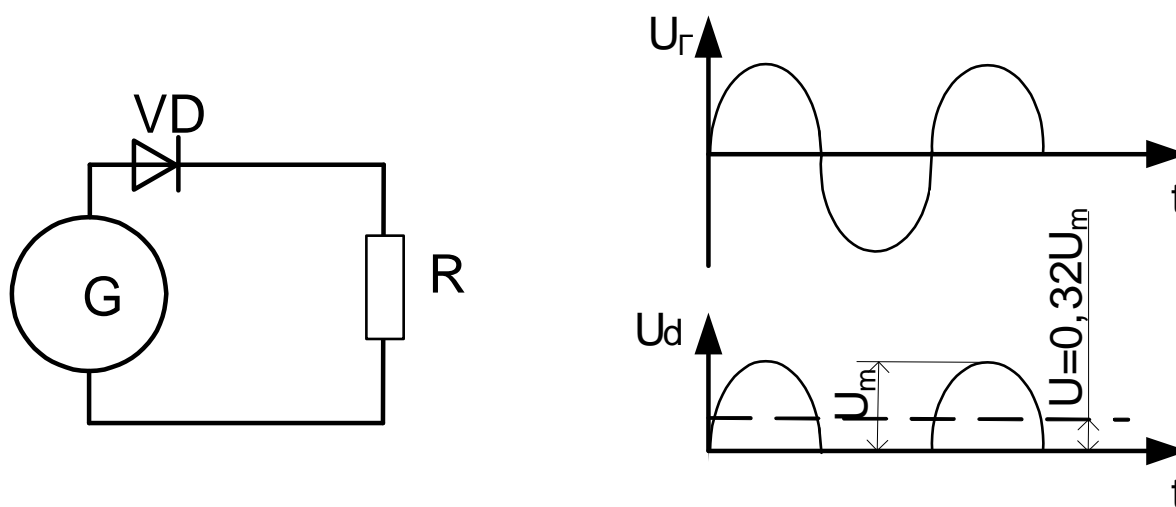


Рисунок 18 - Схема генераторной установки с выпрямителем и ее характеристика:

$U_m$  - амплитудное значение фазного напряжения;

$U_d$  - выпрямленное напряжение

Для двухполупериодного выпрямления однофазного тока используют мостовой выпрямитель состоящий из четырех диодов  $VD1$ - $VD4$  рисунок 19.

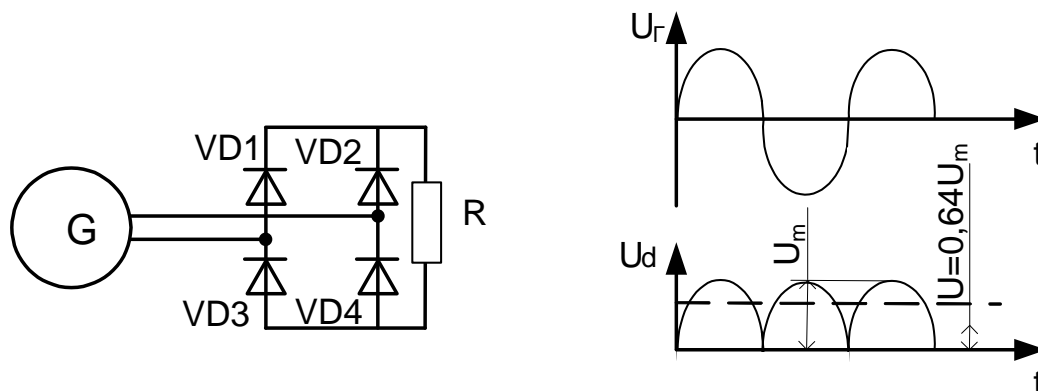


Рисунок 19 - Схема генераторной установки с выпрямителем и ее характеристика:

$U_m$  - амплитудное значение фазного напряжения;

$U_d$  - выпрямленное напряжение

Положительная полуволна переменного напряжения открывает диоды VD1 и VD4. Во втором полупериоде открыты диоды VD2 и VD3.

В течение всего времени работы генератора с мостовым выпрямителем на нагрузку подается напряжение  $U_d$  одного знака.

Если в каждую фазу генератора включить по одному диоду VD1, VD2 и VD3 рисунок 20, можно получить однополупериодный выпрямитель трехфазного тока. Каждый диод выпрямителя проводит ток только в течение  $1/3$  периода, когда напряжение приложено к нему в прямом направлении.

Двухполупериодный выпрямитель трехфазного тока имеет три пары диодов VD1-VД6 рисунок 21. Одно плечо выпрямителя образуют диоды VD1-VД3 прямой полярности, которые катодами соединены с положительным выводом вентильного генератора. Во втором плече выпрямителя установлены диоды VD4-VД6 обратной полярности. Их аноды соединены с массой. В проводящем направлении работает один из диодов VD1, VD2 или VD3, у которого анод имеет наибольший потенциал, а в группе диодов VD4-VД5 - диод с самым низким потенциалом.

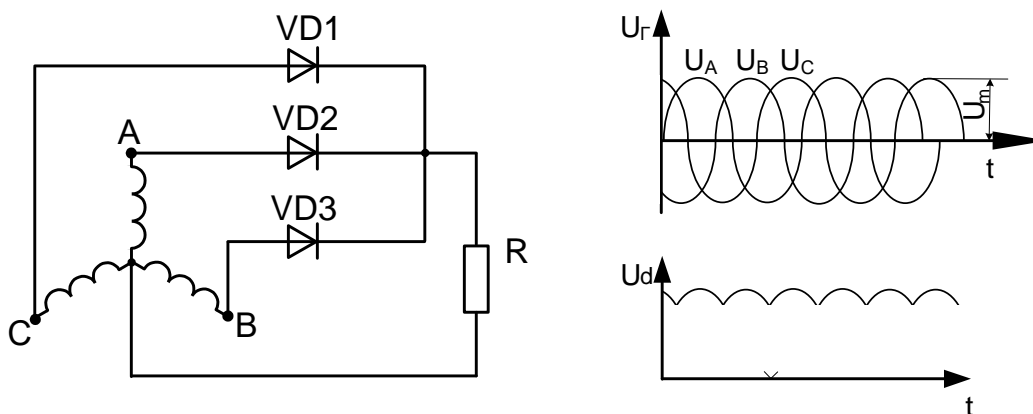


Рисунок 20 - Схема генераторной установки с выпрямителем и ее характеристика:

$U_m$  - амплитудное значение фазного напряжения;

A, B, C - фазы обмотки статора генератора;

$U_r, U_A, U_B, U_C$  - напряжения генератора и фаз соответственно A, B, C

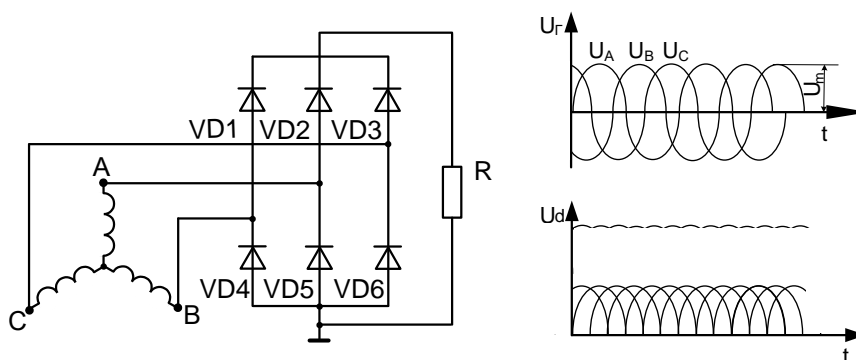


Рисунок 21 - Схема генераторной установки с выпрямителем и ее характеристика:

$U_m$  - амплитудное значение фазного напряжения;

A, B, C - фазы обмотки статора генератора;

$U_r, U_A, U_B, U_C$  - напряжения генератора и фаз соответственно A, B, C



В момент времени  $t$ , когда в фазе А напряжение положительно и максимально, а в фазах В и С напряжения отрицательны и равны, ток в нагрузку поступает через открытый диод VD1 и два диода VD5 и VD6. В момент времени, когда напряжение фазы А равно нулю, фазы В - положительно, а фазы С - отрицательно, ток проводят диоды VD2 и VD4. Остальные диоды тока не пропускают.

Частота пульсаций выпрямленного двухполупериодным трехфазным выпрямителем напряжения  $U_d$  в шесть раз больше частоты переменного тока:

$$f_n = 6f = 0,1z_p n_p,$$

где,  $z_p$  - число полюсов индуктора.

Минимальное, максимальное и среднее значения выпрямленного напряжения равны соответственно  $1,5U_m$ ,  $1,73U_m$  и  $1,65U_m$  ( $U_m$  - амплитудное значение напряжения фаз). Изменение выпрямленного напряжения  $\Delta U_d = 0,23U_m = 0,139U_d$ , что при среднем значении выпрямленного напряжения 14 В составляет 1,95 В.

При работе генератора под нагрузкой амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения возрастает. При трехфазной мостовой схеме выпрямления без сглаживающих фильтров относительная пульсация напряжения может достигать 35 %. В случае пятифазной схемы выпрямления относительная пульсация напряжения при номинальных режимах работы обычно не превышает 13 %. При этом, благодаря десятикратному превышению частоты основной гармоники выпрямленного напряжения по отношению к частоте напряжения самого генератора, облегчается фильтрация выходного напряжения.

На рисунок 22 приведена схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом и ее характеристики.

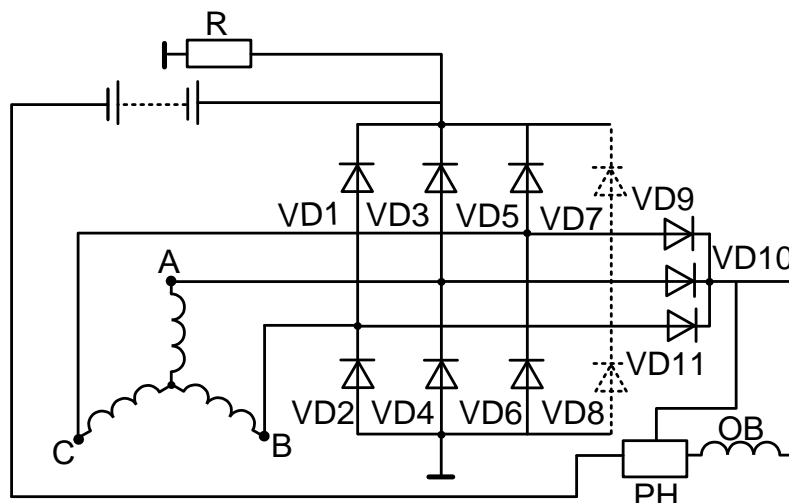


Рисунок 22- Схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом VD7-VD8

VD1 - VD8 - диоды силового выпрямителя;  
VD9, VD10, VD11 - диоды выпрямителя в цепи обмотки возбуждения;  
OB - обмотка возбуждения; PH - регулятор напряжения

Обычно выпрямитель трехфазной мостовой схемы содержит шесть силовых полупроводниковых диодов VD1-VD6. При необходимости форсирования мощности генератора применяется дополнительное плечо выпрямителя на диодах VD7 и VD8 (см. рис. 3.12, штриховая линия). Такая схема выпрямления возможна только при соединении обмоток статора в звезду.

У многих типов генераторов обмотка возбуждения подключается к собственному выпрямителю, собранному на диодах VD9-VD11. Такое подключение обмотки возбуждения препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе.

### Регулирование напряжения

Как было сказано выше, генераторная установка состоит из генератора и регулятора напряжения.

Регулятор напряжения стабилизирует напряжение бортовой сети мобильной техники в заданном диапазоне при любых режимах работы (при изменении частоты вращения, при изменении нагрузки электроприемников при изменении температуры окружающей среды и так далее).

Чем выше частота вращения ротора генератора и меньше нагрузка в бортовой сети, тем выше будет напряжение генератора.

Напряжение выдаваемое генератором прямо пропорционально силе тока в обмотке возбуждения, поэтому, регулируя силу тока возбуждения можно поддерживать напряжение выдаваемое генератором в заданном диапазоне.

Обмотка возбуждения получает питание через регулятор напряжения от двухполупериодного силового выпрямителя или от АКБ.

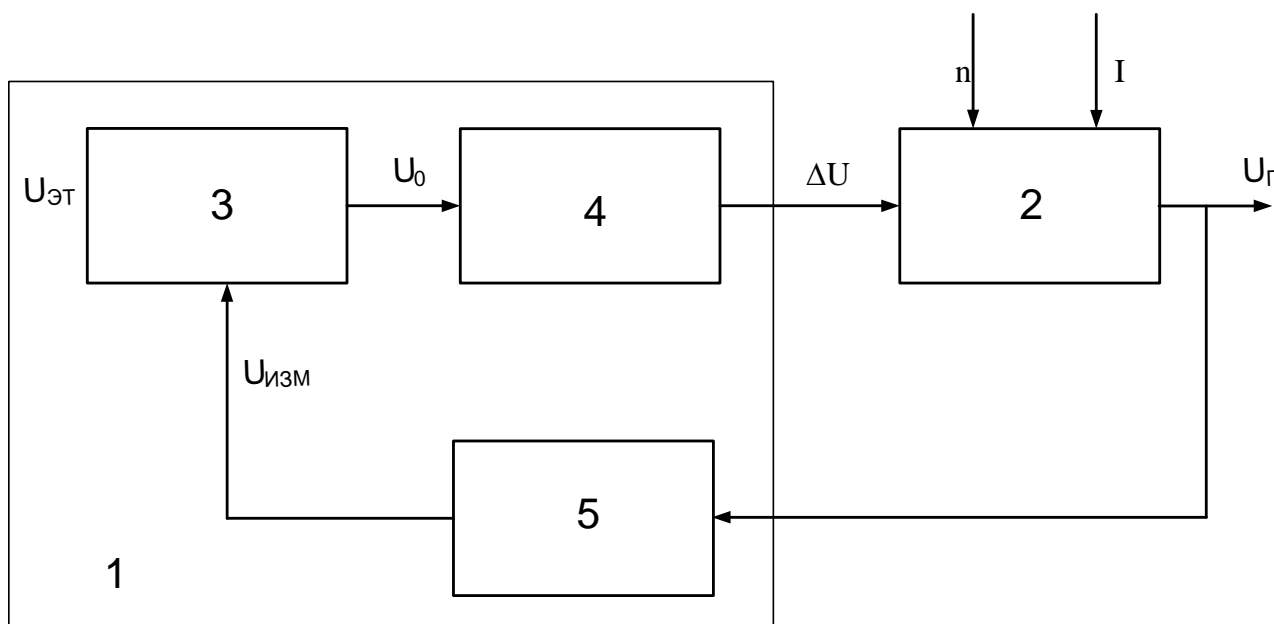


Рисунок 23 - Блок схема регулирования напряжения генератора  
 1 - регулятор напряжения; 2 - генератор, 3 - элемент сравнения;  
 4 -регулирующий элемент; 5 - измерительный элемент

Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора  $U_G$  и преобразует его в сигнал  $U_{изм}$ , который в элементе сравнения сопоставляется с эталонным значением  $U_{эт}$ .

Если величина  $U_{изм}$  отличается от эталонной величины  $U_{эт}$ , на выходе элемента сравнения появляется сигнал  $U_o$ , который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение вернулось в заданные пределы рисунок 23.

На рисунке 24 приведены зависимости тока возбуждения и напряжения генератора при изменении частоты вращения ротора. Из рисунка следует, что постоянство напряжения генератора достигается за счет изменения времени включенного состояния обмотки возбуждения: при минимальных оборотах обмотка большую часть времени включена (восходящая часть кривой тока), на средних - время включенного и выключенного состояния совпадают и наконец, на больших оборотах большую часть времени обмотка возбуждения выключена, что и приводит к уменьшению среднего значения силы тока.

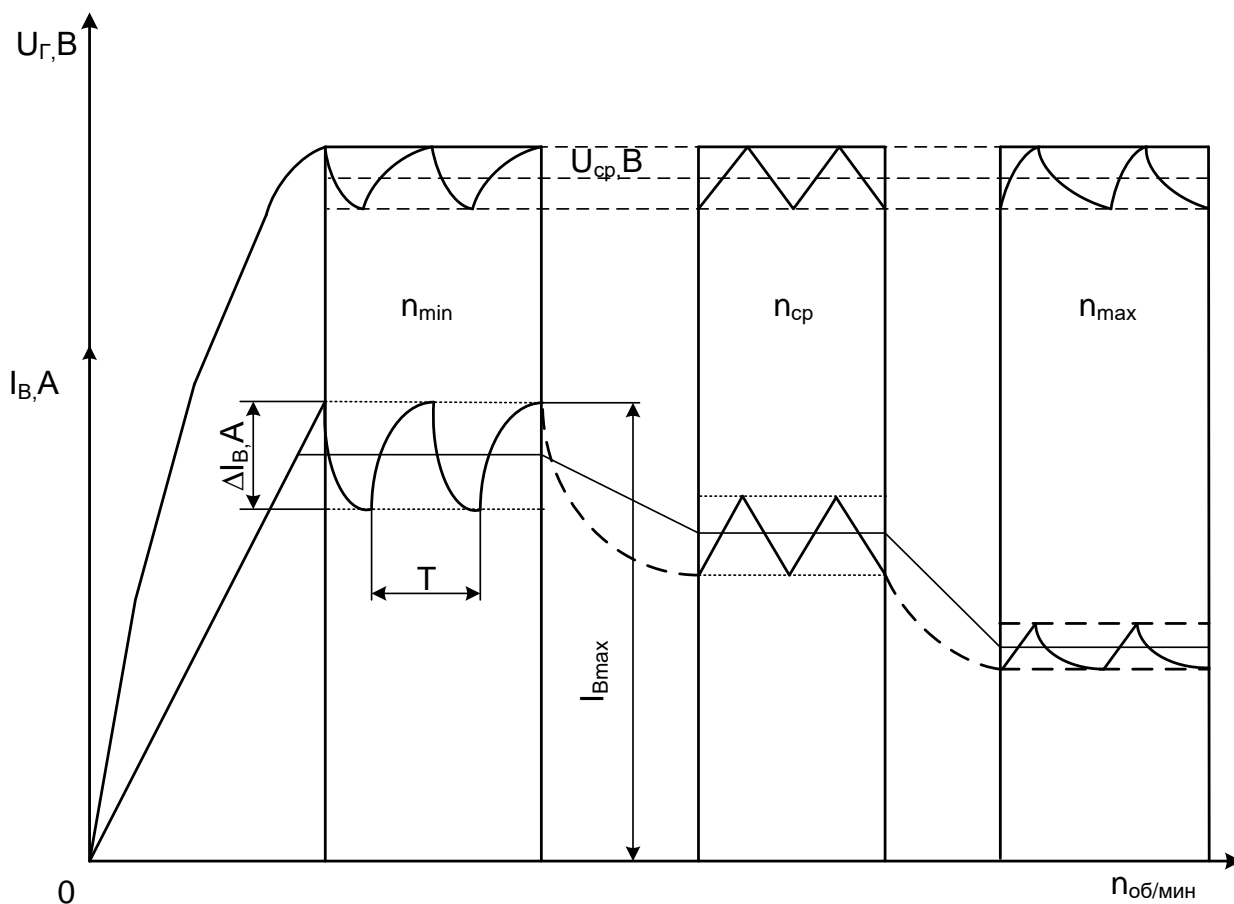


Рисунок 24 - Зависимость напряжения генератора и тока возбуждения от частоты вращения ротора

Частота регулируемого напряжения должна быть выше 25-30 Гц, чтобы пульсации напряжения не вызывали заметных для глаз колебаний стрелок контрольно-измерительных приборов и мигания света ламп приборов освещения и световой сигнализации.

Включение и отключение обмоток возбуждения в электронных регуляторах обычно осуществляется выходным транзистором, соединенным последовательно с обмоткой возбуждения.

### Регуляторы напряжения

Напряжение на выходе вентильного генератора регулируется изменением силы тока возбуждения. Обмотка возбуждения получает питание через регулятор напряжения от двухполупериодного силового выпрямителя или подключается к дополнительному выпрямителю.

Устройство регуляторов напряжения, расположенных не на генераторах в основном идентичны. Такие регуляторы делятся на две группы - регуляторы с металлическим корпусом-крышкой и регуляторы в пластмассовом корпусе.

У полупроводниковых регуляторов напряжения применяются современные достижения техники, связанные с новейшей технологией изготовления.

Электронные регуляторы напряжения монтируются непосредственно на генераторе. Это позволяет применять в производстве прогрессивные методы обработки, сборки и монтажа с высокопроизводительным автоматизированным оборудованием.

За время, прошедшее с появления на автомобилях генераторов переменного тока (70-е годы прошлого века) регуляторы напряжения претерпели значительные изменения, что обусловлено бурным развитием полупроводниковой техники. Ниже представлены сведения о регуляторах напряжения различных поколений.

На современных отечественных автомобилях применяются пятое и пятое «плюс» поколения регуляторов напряжения, основным отличием которых является перечень выполняемых функций.

#### *Регулятор напряжения контактно - вибрационного типа*

Регуляторы напряжения, располагаются вне генератора и соединяются проводами бортовой сети. Устанавливался с 1977 по 1984 г.

Преимущества: ремонтпригодность; возможность ручной регулировки уровня напряжения

Недостатки: большие габаритные размеры, высокая металлоемкость; низкая надежность.

#### *Контактно-транзисторный регулятор напряжения*

Регуляторы напряжения, располагаются вне генератора и соединяются проводами бортовой сети. Устанавливался с 1980 по 1990 г.

Преимущества: ремонтпригодность; возможность ручной регулировки уровня напряжения; увеличенный срок службы/

Недостатки: большие габаритные размеры, высокая металлоемкость; низкая надежность; недостаточная надёжность.

### *Бесконтактно - транзисторные регулятор напряжения*

Регуляторы напряжения, располагаются вне генератора и соединяются проводами бортовой сети. Устанавливался с 1988 по 1993 г.

Преимущества: ремонтпригодность; уменьшенные габариты; уменьшенная масса; увеличенный срок службы.

Недостатки: невозможна ручная регулировка уровня напряжения.

### *Бесконтактный тиристорные регуляторные напряжения.*

Регуляторы напряжения, располагаются на генераторе. Устанавливался с 1992 по 2000 г.

Преимущества: большой срок службы; малые габариты; небольшая масса; встроен в генератор.

Недостатки: невозможна ручная регулировка уровня напряжения; не ремонтпригоден.

### *Бесконтактный регулятор напряжения на микросхеме*

Регуляторы напряжения, располагаются на генераторе. Устанавливался с 1999 г.

Преимущества: большой срок службы; малые габариты; небольшая масса; встроен в генератор; автоматическая термокомпенсация напряжения.

Недостатки: невозможна ручная регулировка напряжения; не ремонтпригоден.

### *Интегральные регуляторы напряжения*

Регуляторы напряжения, располагаются на генераторе. Устанавливался с 2009 г.

Преимущества: большой срок службы; малые габариты; небольшая масса; встроен в генератор; дополнительные функции; встроенный конденсатор.

Недостатки: невозможна ручная регулировка уровня напряжения; не ремонтпригоден; сложность диагностики.

Многофункциональные регуляторы напряжения кроме поддержания напряжения в бортовой сети и его терморегулирования выполняют следующие функции:

- полное отключение обмотки возбуждения в схемах без дополнительного выпрямителя;

- индикацию повышенного и пониженного напряжения генератора осуществляется за счет мигания контрольной лампы;

- снижение динамической нагрузки при плавном нарастании тока нагрузки;

- отключение генератора при высокой нагрузке на двигатель, что улучшает разгонную динамику, повышает экономию топлива;

- отключает низкоприоритетных потребителей (уменьшение расхода энергии АКБ и повышение топливной экономичности);

- встроенная диагностика неисправностей генератора для информирования о необходимости замены генератора).

## Принцип работы бесконтактных регуляторов напряжения

Реальные регуляторы отличаются лишь количеством элементов в электрической схеме.

Прежде всего, необходимо знать принцип работы стабилитрона и биполярного транзистора.

Стабилитрон это разновидность диода, работающего в зоне электрического пробоя.

До наступления пробоя через стабилитрон протекают незначительные токи утечки, а его сопротивление весьма высоко (стабилитрон закрыт). При наступлении пробоя ток через стабилитрон резко возрастает, поскольку его сопротивление падает до величины, составляющей для различных приборов от долей Ома до сотен Ом (стабилитрон открывается).

Величина напряжения пробоя подбирается таким образом, чтобы поддерживать напряжение в бортовой сети в заданных пределах.

Биполярный транзистор - полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими р-п-переходами и тремя или более выводами. Выводы транзистора получили названия: база, эмиттер и коллектор. Транзистор может работать в режиме ключа или в усилительном режимах.

Режим ключа заключается в следующем: если напряжение между выводами база и эмиттер равно нулю, то транзистор обладает большим сопротивлением и ток в направлении эмиттер-коллектор не протекает (транзистор закрыт).

Если же напряжение база-эмиттер больше нуля, то сопротивление транзистора резко падает, что приводит к появлению тока эмиттер-коллектор (транзистор открыт).

Порядок работы регулятора напряжения при  $U_{\Gamma} \leq U_{\Gamma.\text{ном}}$  рисунок 25.

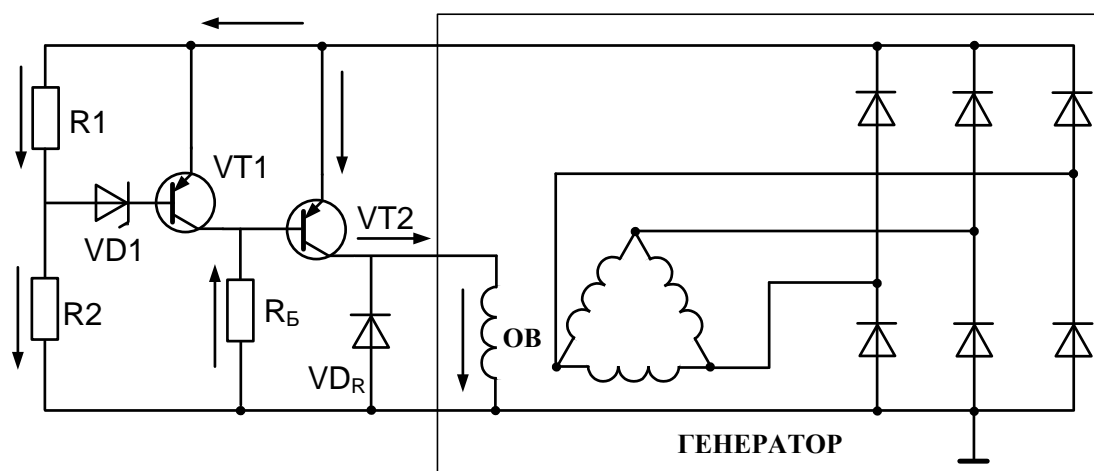


Рисунок 25 - Протекание тока при  $U_{\Gamma} \leq U_{\Gamma.\text{ном}}$

Если напряжение генератора ниже или равно номинальному, то стабилитрон VD1 закрыт, препятствуя протеканию тока через себя. Ток протекает в обход через резисторы R1, R2 и R<sub>Б</sub> к транзистору VT2. Транзистор VT2 открывается, поскольку напряжение на выводах эмиттер-база больше нуля. Далее ток

протекает через обмотку возбуждения генератора, что способствует увеличению напряжения.

Порядок работы регулятора напряжения при  $U_G > U_{G,ном}$  рисунок 26.

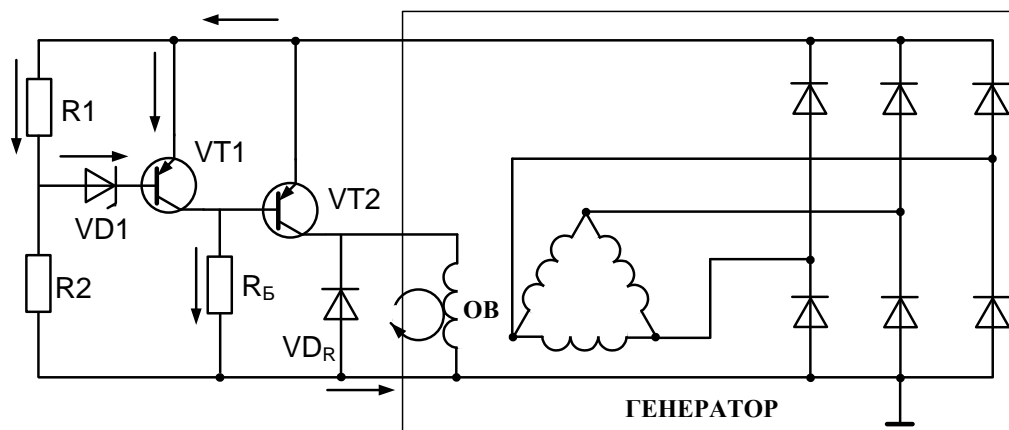


Рисунок 26 - Протекание тока при  $U_G > U_{G,ном}$

Если напряжение генератора превышает номинальное, то стабилитрон VD1 пробивается, пропуская ток в направлении стрелки. Транзистор VT1 открывается, а транзистор VT2 закрывается, поскольку напряжение на выводах эмиттер-база равно нулю. При этом ток через обмотку возбуждения не протекает, и напряжение генератора начинает снижаться.

Диод VDГ подключенный параллельно обмотке возбуждения образует гасящий контур, способствующий плавному снижению тока обмотки, так как резкое размыкание цепи приводит к появлению ЭДС самоиндукции, достигающей сотни вольт.

Генераторы современной мобильной техники управляются электронным блоком управления двигателем рисунок 27.

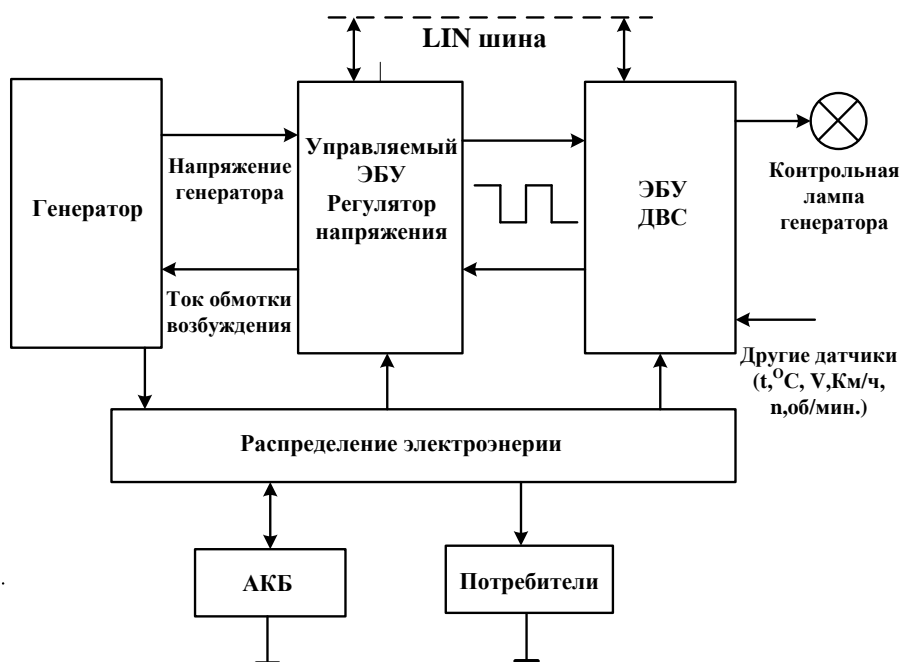


Рисунок 27 - Схема управления генератором по LIN-шине

Электронный блок управления двигателем вычисляет нагрузку на генератор и устанавливает скорость холостого хода. Обычно скорость холостого хода устанавливается в нижнем значении, таким образом уменьшая расход топлива. Однако, при необходимости, ЭБУ двигателя может увеличить скорость холостого хода, чтобы увеличить производство электроэнергии генератором и предотвратить разрядку аккумуляторной батареи. Например, после холодного запуска, в темноте, когда стекла покрыты льдом, весьма вероятно, что водитель включит фары, отопитель салона и подогрев стекол, что приведет к росту электрической нагрузки. Кроме того, аккумуляторная батарея также потребовала бы расхода электроэнергии. Электронный блок управления двигателем может установить скорость холостого хода на таком уровне, чтобы предотвратить разрядку батареи.

Становится возможным динамическое регулирование величины напряжения. Например, это может использоваться во время ускорения, для уменьшения нагрузки на двигатель, поскольку известно, что на привод генератора затрачивается до 10% мощности двигателя.

### Схемы генераторных установок

Электрическая схема генераторной установки представляет собой последовательное/параллельное соединение его элементов с указанием обозначения выводов.

У генераторных установок имеются выводы с блока выпрямителей (плюс и минус), вывод обмотки возбуждения, вывод для соединения с лампой контроля заряда аккумулятора, вывод фазы и нулевой точки обмотки статора, вывод регулятора напряжения для подсоединения его в бортовую сеть, вывод регулятора напряжения для соединения его с бортовым компьютером. Количество выводов и их обозначение на электрических схемах зависят от типа и фирм производителя генератора, регулятора напряжения и автомобиля, на котором они установлены. 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, M<sub>p</sub>;  
вывод регулятора напряжения для подсоединения его в бортовую сеть, обычно к «+» аккумуляторной батареи Б, 15, S;

вывод регулятора напряжения для питания его от выключателя зажигания IG; вывод регулятора напряжения для соединения его с бортовым компьютером: FR, F.

Основными элементами электрической схемы являются: обмотка статора, обмотка возбуждения ОВ, реле напряжения РН основной выпрямитель, дополнительный выпрямитель, контрольная лампа, выключатель зажигания, аккумуля-



ляторная батарея.

Генераторы работающие в комплекте с вибрационными, контактно-транзисторными регуляторами напряжения, с бесконтактно транзисторными у них один вывод обмотки возбуждения соединен с массой, а другой с регулятором напряжения РН, маркируемый буквой "Ш" рисунок 28.

Для предотвращения разряда АКБ при выключенном двигателе, цепь обмотки возбуждения подключается через замок зажигания S.

Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле в выключенное состояние и ток не поступает в обмотку возбуждения.

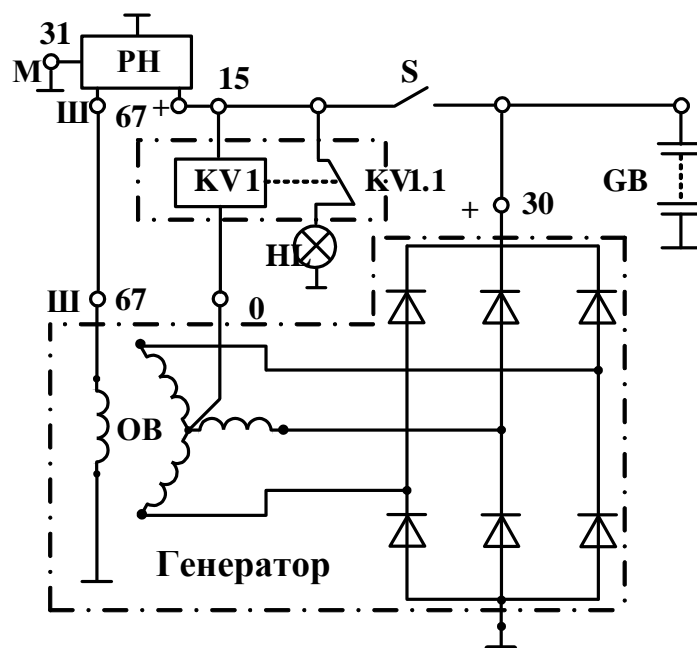


Рисунок 28 - Схема генераторной установки с контрольной лампой  
РН -реле напряжения, KV 1- реле контрольной лампы,  
ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

Следует отметить, что падение напряжения в выключателе зажигания и других коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора, влияет на качество напряжения и частоту переключения выходного транзистора регулятора, что может привести к миганию ламп, колебанию стрелок вольтметра и амперметра рисунок.

На схемах рисунках 28 и 30 для контроля работоспособности генераторной установки применяется реле KV1 с размыкающими контактами KV 1.1, через которые напряжение подводится к контрольной лампе НЛ. Лампа загорается после включения замка зажигания S и гаснет после пуска двигателя, так как напряжение генератора, к нулевой точке 0 обмотки статора которого подключено реле, размыкает контакты реле и отключает контрольную лампу. Если лампа при работающем двигателе горит, значит, генераторная установка неисправна.

В генераторах, напряжение которых стабилизируется на определенном уровне регуляторами напряжения обмотка возбуждения соединена с выводом "+" сети и регулятором напряжения (рисунок 29, 30, 31).

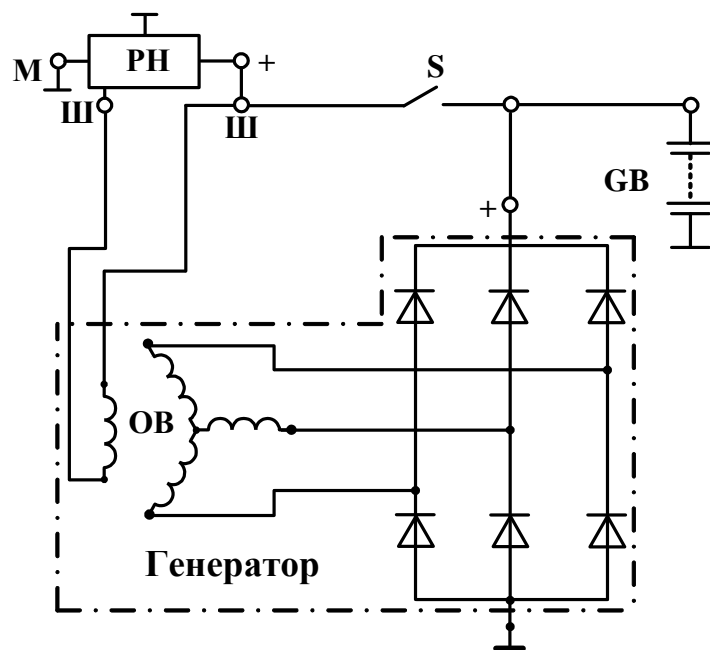


Рисунок 29 - Схемы генераторных установок с вентильным генератором  
PH -реле напряжения, ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

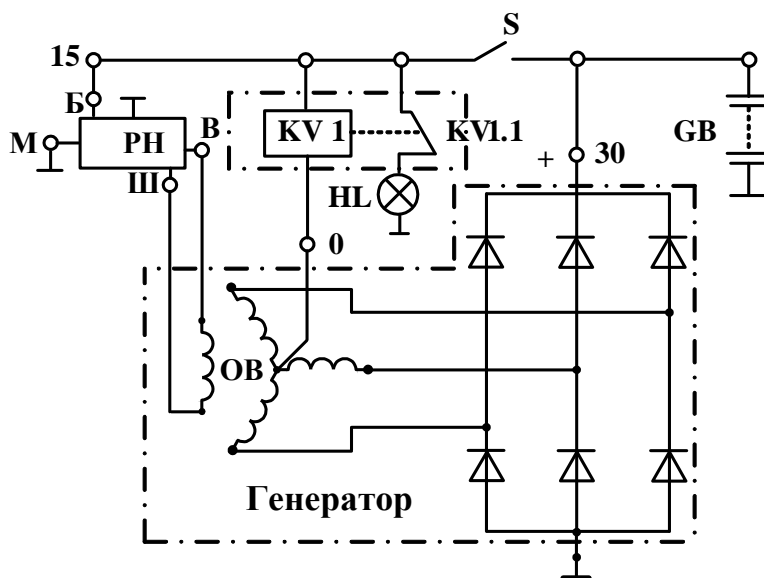


Рисунок 30 - Схема генераторной установок  
с генератором на полупроводниковых диодах  
PH -реле напряжения, KV 1- реле контрольной лампы,  
ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

На некоторых автомобилях с дизельными двигателями применяется генераторная установка на два уровня напряжения: 14 и 28 В.

Напряжение 28 В используется для зарядки аккумуляторной батареи, питающей электро стартерную систему пуска двигателя внутреннего сгорания. Для получения напряжения 28 В применяется электронный удвоитель напряжения или трансформаторно-выпрямительный блок.

Электрическая схема с трансформаторно-выпрямительным блоком показана на рисунок 31. В системе на два уровня напряжения стабилизируется только первый уровень напряжения 14 В. Уровень напряжения 28 В получается за счет трансформации и последующего выпрямления в трансформаторно-выпрямительном блоке генератора.

Коэффициент трансформации блока равен примерно единице.

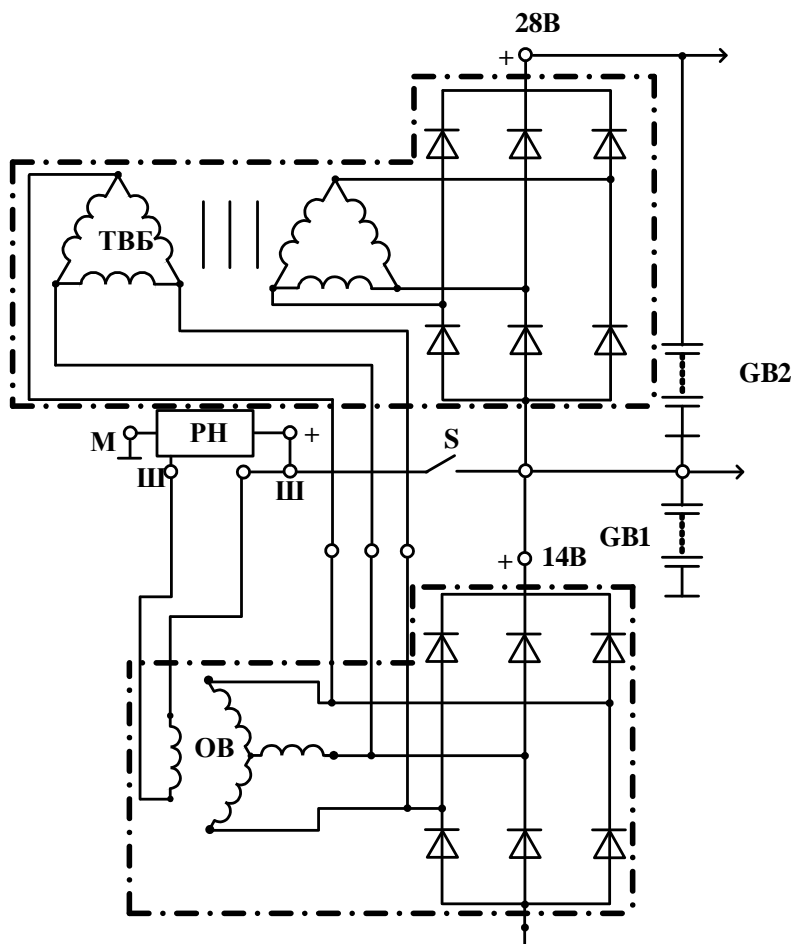


Рисунок 31 - Схемы с трансформаторно-выпрямительным блоком  
 PH -реле напряжения, ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея,  
 ТВБ - трансформаторно - выпрямительный блок

В схеме на рисунке 32 обмотка возбуждения подключена к выводу "Д" дополнительного выпрямителя. Аккумуляторная батарея при не работающем двигателе внутреннего сгорания не может разрядиться через обмотку возбуждения, так как она к ней не подключена. В схему включена лампа HL, через которую в обмотку возбуждения поступает небольшой ток от аккумуляторной батареи. На случай если ламп перегорит параллельно ей подключен резистор.

Также лампа является элементом контроля работоспособности генераторной установки. На стоянке автомобиля при включении выключателя S зажигания контрольная лампа загорается. После пуска двигателя вывод "Д" генератора находится под напряжением, близким к напряжению аккумуляторной батареи, и контрольная лампа гаснет.

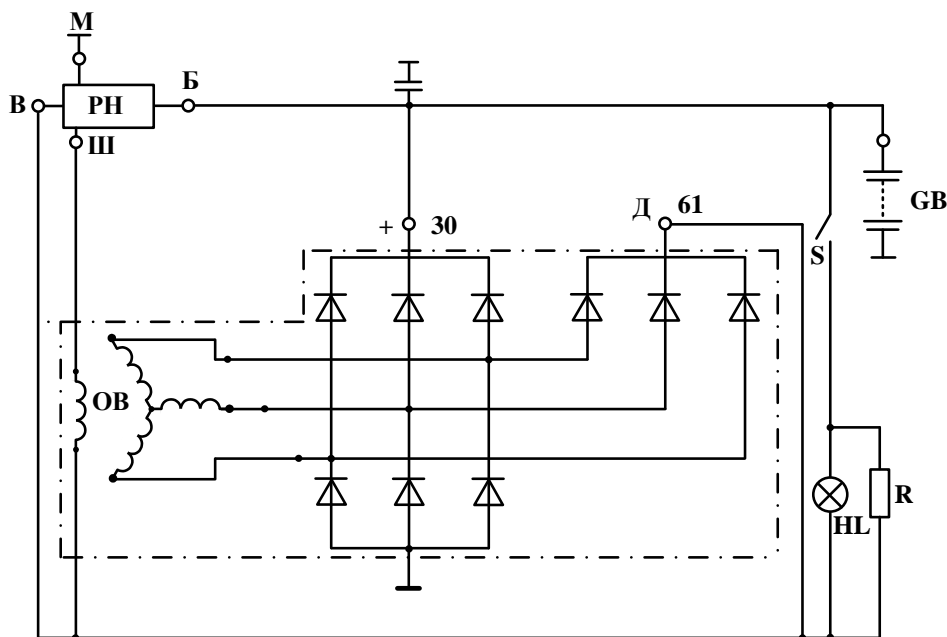


Рисунок 32 Схема с контролем работоспособности генераторной установки  
РН -реле напряжения, ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

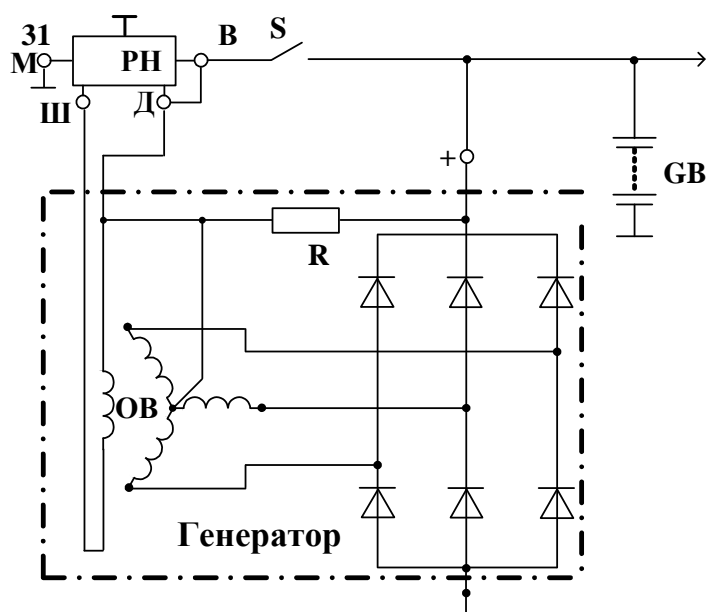


Рисунок 33 - Схема для генераторной установки  
номинальным напряжением 28 В  
РН -реле напряжения, ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

Схема, приведенная на рисунке 33, характерна для генераторных установок номинальным напряжением 28 В. В этой схеме обмотка возбуждения подключена к нулевой точке 0 обмотки статора генератора, поэтому подаваемое на обмотку возбуждения напряжение в 2 раза меньше напряжения генератора. При этом импульсы напряжения, возникающие при работе генераторной установки, меньше, что повышает надежность полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Сопротивление R служит для надежного возбуждения генератора при пуске двигателя внутреннего сгорания.

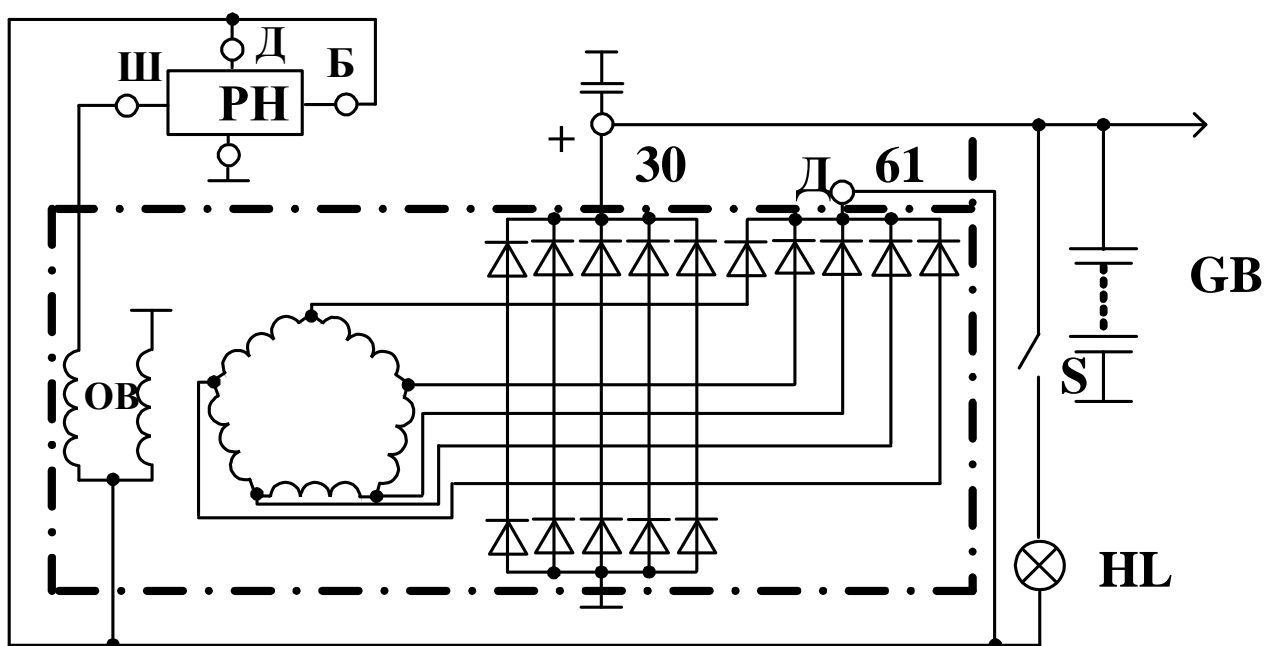


Рисунок 34 - Схема генератора с пятифазной обмоткой статора и размагничивающей обмоткой в системе возбуждения РН -реле напряжения, ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

На рисунке 34 приведена схема генератора с пятифазной обмоткой статора и размагничивающей обмоткой в системе возбуждения.

Размагничивающая обмотка создает встречный магнитный поток по отношению к обмотке возбуждения, что позволяет расширить диапазон работы генераторных установок со смешанным магнитно - электромагнитным возбуждением по частоте вращения ротора. Регулятор напряжения поддерживает заданный уровень напряжения не на силовом выводе "+" генератора, а на выводе "Д" дополнительного выпрямителя. В схеме исключен разряд аккумуляторной батареи через регулятор.

В схеме, приведенной на рисунке 35, контрольная лампа подключена к реле, к которому подводится переменное напряжение генератора. Реле одновременно выполняет функции реле блокировки стартера.

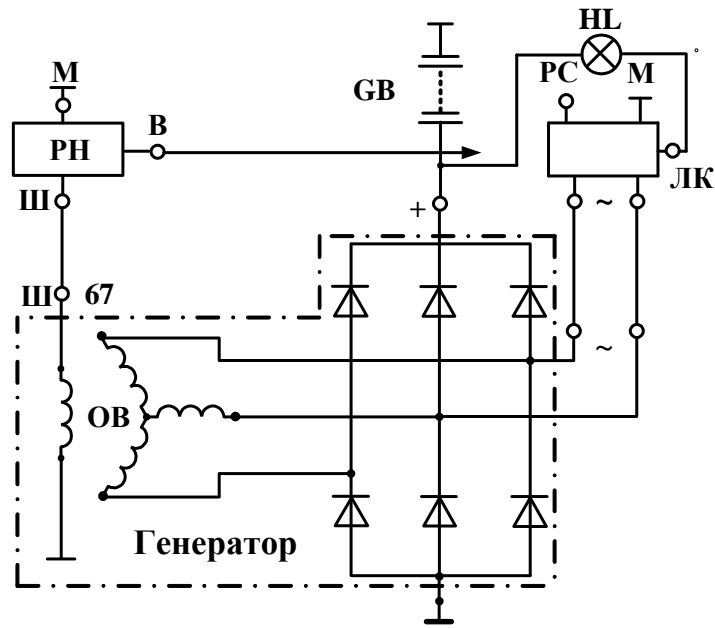


Рисунок 35 - Схемы генераторных установок с реле блокировки стартера РН -реле напряжения, ОВ - обмотка возбуждения, GB- аккумуляторная батарея

В любой из приведенных схем может быть применен помехоподавительный конденсатор, включаемый между выводом "+" генератора и массой.

Схемы тракторной генераторной установки с генератором 46.3701 приведена на рисунке 36.

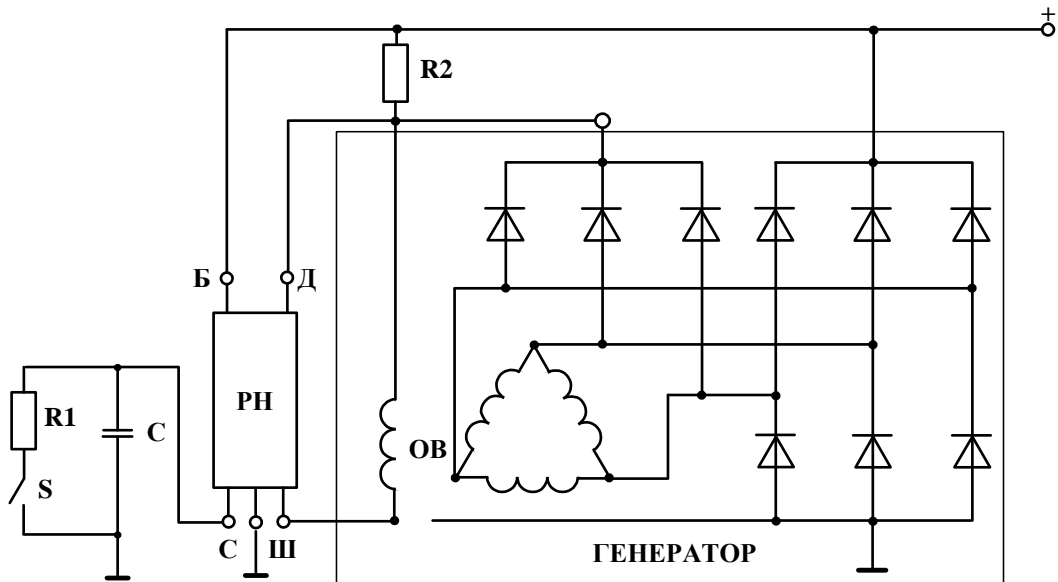


Рисунок 36 - Схема тракторной генераторной установки 46.3701

## Основные параметры и характеристики генераторов

### Параметры генераторных установок

1. Номинальное напряжение в бортовой сети 14 В и 28 В.
2. Номинальная сила тока (70...120 А - грузовые автомобили, 80...150 А - легковые автомобили, 100...240 А - автобусы).
3. Начальная частота вращения 800...1200 об/мин. Частота вращения, при которой генератор начинает вырабатывать номинальное напряжение.
4. Мощность генератора 1000... 4500 .
5. Максимальная частота вращения 6000 об/мин.
6. Регулируемое напряжение 13,6...14,8 В, 26...30 В.
7. Коэффициент полезного действия 60% - генераторы традиционного исполнения, до 75% - генераторы компактного исполнения.
8. Коэффициент термокомпенсации ( $- 10 \pm 2$  мВ/°С) - показывает зависимость напряжения от температуры воздуха в подкапотном пространстве.

### Основные характеристики генераторов

К основным характеристикам автомобильного генератора относят: внешние, скоростные регулировочные, токоскоростные и холостого хода.

Характеристикой холостого хода генератора называют зависимость выпрямленного или фазного напряжения генератора без нагрузки при постоянной частоте вращения ротора от силы тока возбуждения  $I_B$  или магнитодвижущей силы (МДС) обмотки возбуждения  $F_B$  рисунок 37.

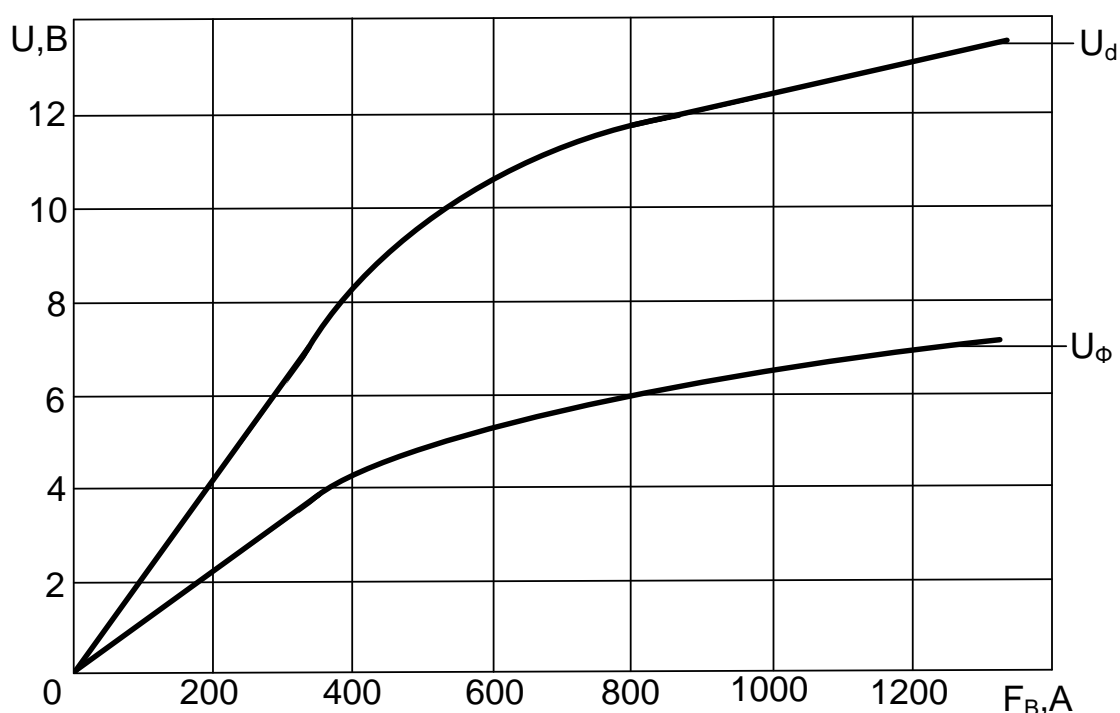


Рисунок 37 - Характеристики холостого хода генератора

Скоростная регулировочная характеристика генератора - это зависимость тока возбуждения  $I_B$  от частоты вращения  $n$  ротора.

Характеристика снимается для постоянного значения тока нагрузки  $I_n$  рисунок 38.

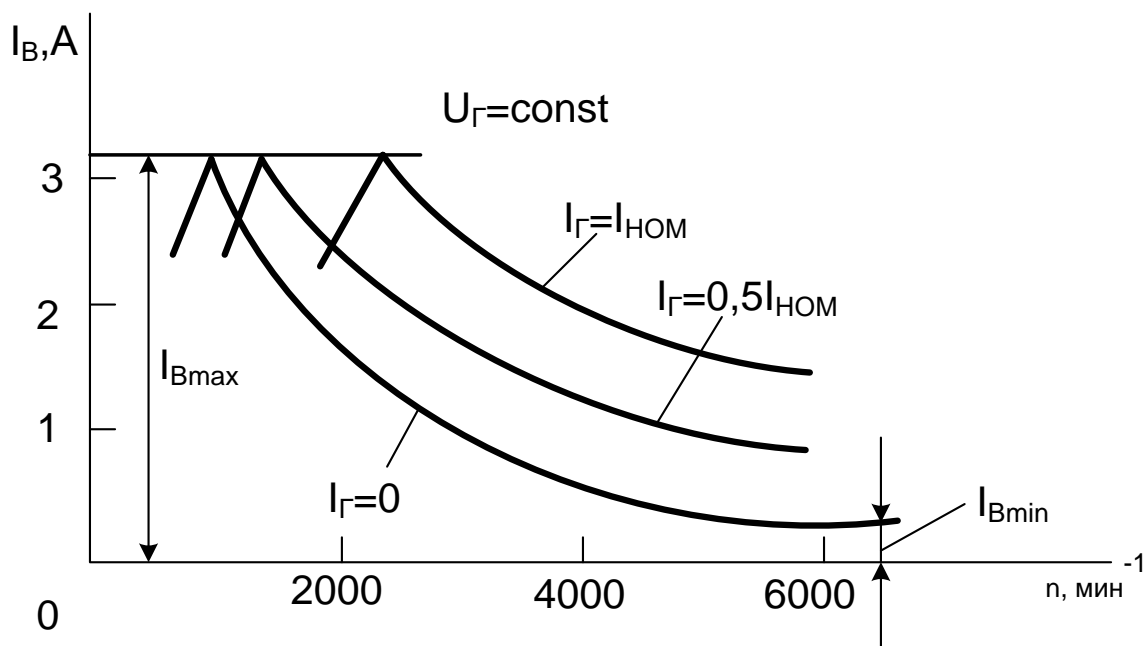


Рисунок 38 - Скоростные регулировочные характеристики генератора

Внешняя характеристика - это зависимость напряжения генератора от тока нагрузки  $U_r = f(I_r)$  при постоянном скоростном режиме ( $n = \text{const}$ ).

Характеристика может определяться при самовозбуждении и независимом возбуждении рисунок 39.

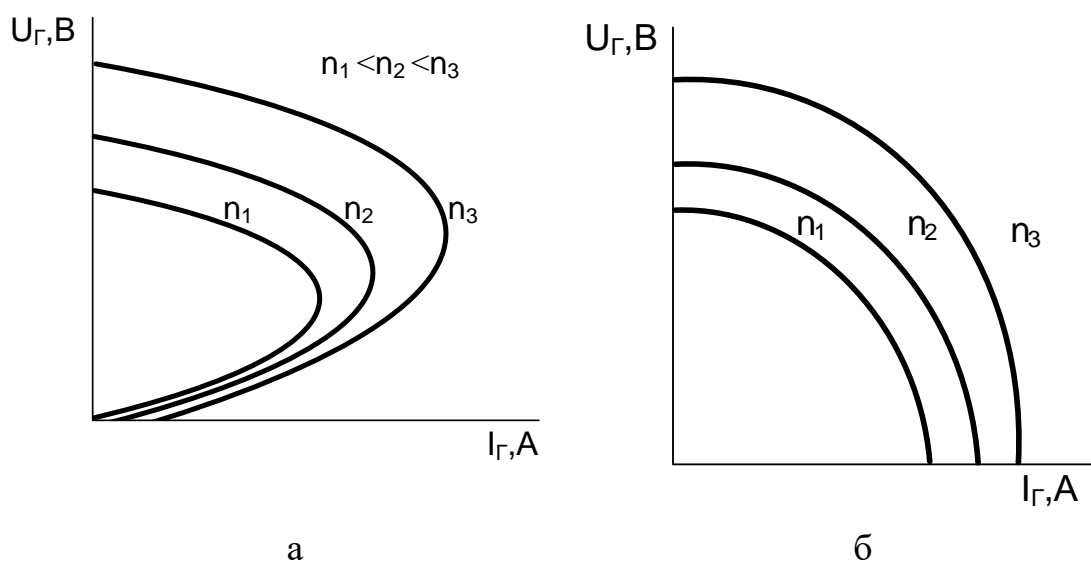


Рисунок 39 - Внешние характеристики генератора  
а - с самовозбуждением; б - с независимым возбуждением



Токоскоростная характеристика - это зависимость тока генератора  $I_r$ , подаваемого на питание нагрузки, от частоты вращения  $n$  ротора.

Характеристика снимается при условии, что весь ток генератора идет на питание нагрузки и напряжение является постоянным рисунок 40.

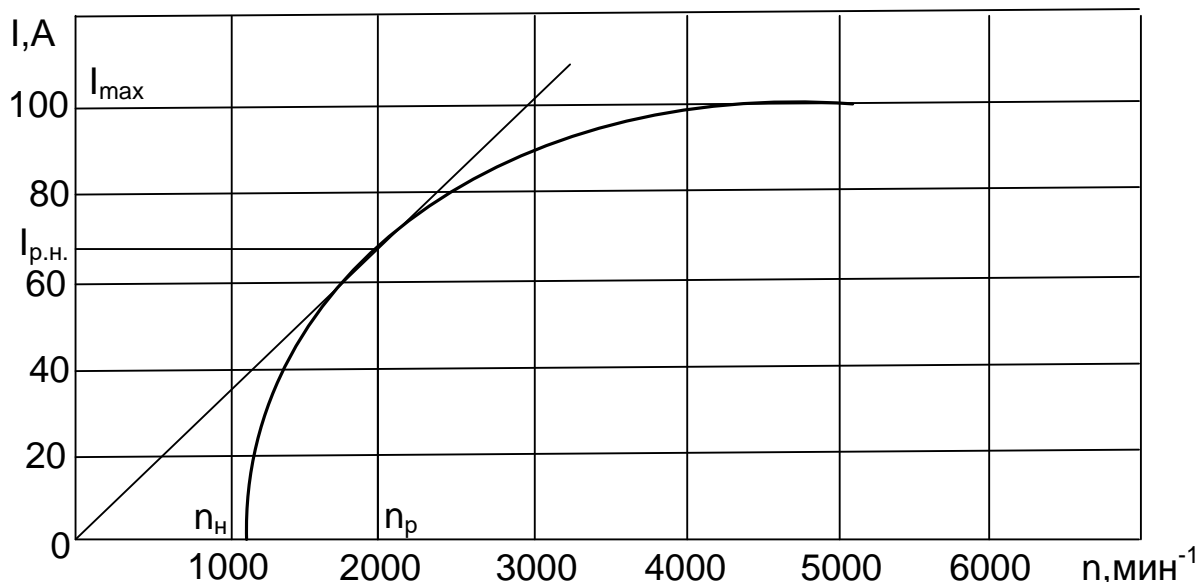


Рисунок 40 - Токоскоростная характеристика генератора

### Эксплуатация и техническое обслуживание генераторов

При эксплуатации генераторных установок необходимо соблюдать следующие правила:

- не допускается работа генераторной установки с отключенной АКБ (это может привести к выходу из строя регулятора напряжения);
- не допускается подсоединение к бортовой сети источников обратной полярности («плюс» на «массе») (может произойти при запуске двигателя от посторонней АКБ);
- не допускаются установки с подключением источников повышенного напряжения.

При техническом осмотре, прежде всего, проверяется надежность крепления генератора к двигателю и натяжение приводного ремня.

Недостаточно жесткое крепление генератора к двигателю может привести к излому натяжной рейки, а также других деталей крепления. Слабо натянутый ремень проскальзывает, что приводит к ускоренному износу шкива и ремня, а также это приводит к снижению частоты вращения ротора генератора под нагрузкой и уменьшению напряжения.

Превышение усилия натяжения ремня приводит к перегрузке подшипников, их перегреву и выходу из строя. Натяжение проверяется по прогибу ремня в средней части нажатием на него торцом динамометра (или пальцем) с усилием 30 - 100 Н (в зависимости от типа автомобиля). Прогиб ремня рисунок 41

должен соответствовать требованиям инструкции по эксплуатации конкретного автомобиля (как правило, величина прогиба находится в пределах 8 - 15 мм).

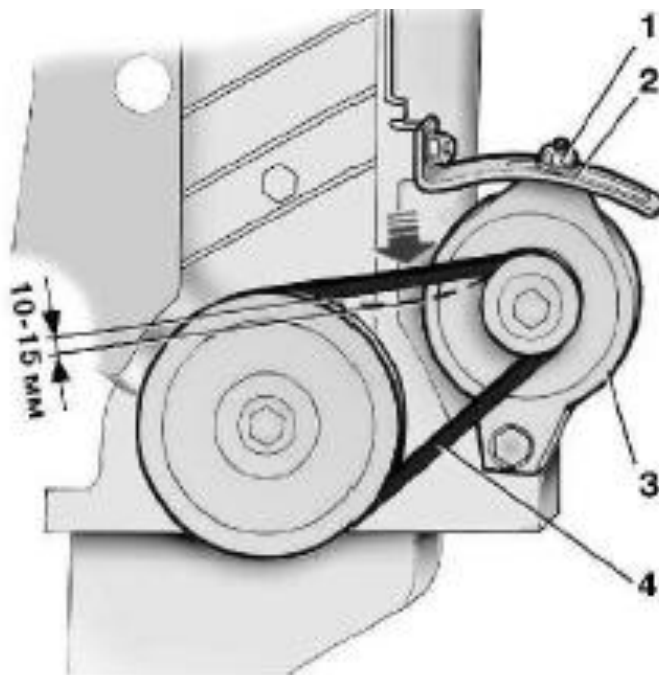


Рисунок 41 - Проверка натяжения ремня генератора на автомобиле  
1 - Гайка крепления генератора к натяжной планке; 2 - Натяжная планка;  
3 - генератор; 4 - Ремень генератора.

Для увеличения натяжения ремня необходимо сделать следующее:

- отпустить гайку 1 крепления генератора к натяжной планке 2;
- сместить генератор 3 рукой в сторону от двигателя и затянуть гайку 1;
- провернуть коленчатый вал на два оборота и проверить натяжение ремня.

Для проверки натяжения приводного ремня может использоваться специальные приборы, например, ППНР-100.

Прибор состоит из динамометра 1 рисунок 42и насадки-прогибомера 2 (в дальнейшем прогибомер).

Динамометр состоит из корпуса 3, наконечника 4, шкалы 5, упора 6, и 5 регулятора усилия 7. Прогибомер состоит из корпуса 8, узла регулировки трения 9 прогибомера на динамометре, шкалы прогиба 10, стержней 11 и регулировочных винтов 12.

Принцип действия прибора состоит в измерении прогиба ремня в середине между шкивами при приложении к нему заданного усилия.

Для исключения необходимости считывания показаний со шкал прибора непосредственно в зоне измерений динамометр выполнен предельным, т.е. сигнализирующим о достижении заранее заданного усилия сжатия, а прогибомер - с запоминанием максимально достигнутого при приложении усилия прогиба ремня.

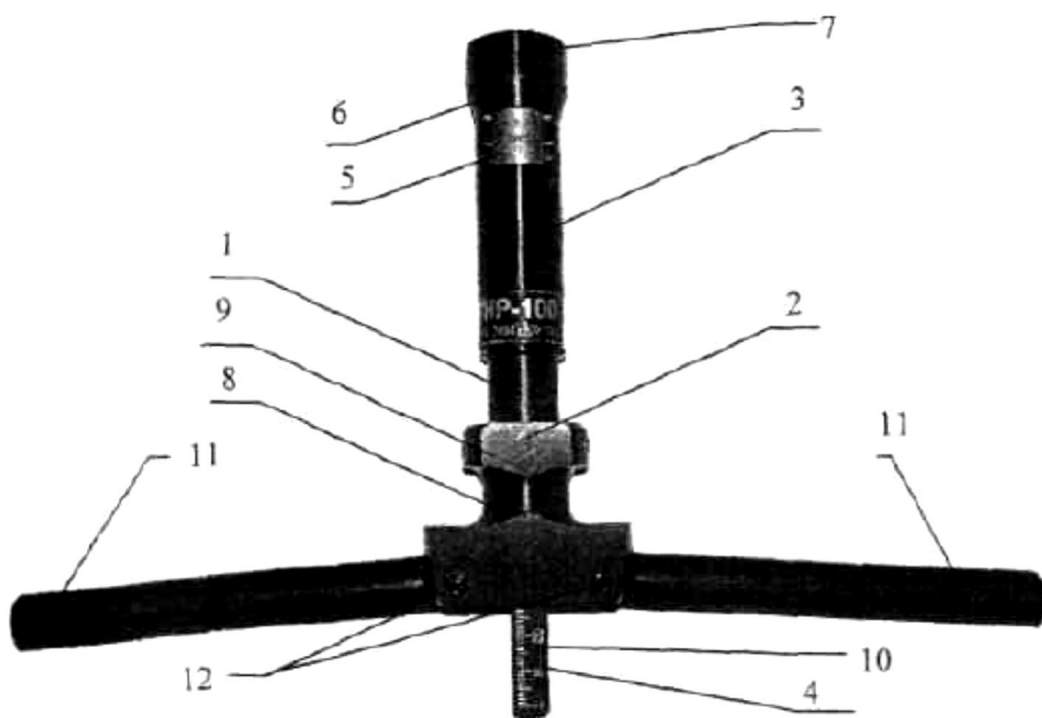


Рисунок 42 - Прибор для проверки натяжения приводного ремня ППНР-100

Устанавливают прибор стержнями 11 на участки ремней, расположенные в ручьях шкивов контролируемого участка ремня так, чтобы наконечник 4 прибора был направлен на ремень в центре участка. Нажимают на упор 6 прибора. Скорость нажатия на упор 6 динамометра должна быть ориентировочно около 0,5 сек для достижения нагрузки от нуля до верхнего предела измерений. Под действием усилия динамометр первоначально свободно перемещается в корпусе 8 прогибомера, выбирая зазор между наконечником динамометра и ремнем, а в дальнейшем динамометр перемещается, прилагая усилие к ремню. Нагрузку прилагают до щелчка динамометра, сигнализирующего о достижении установленного усилия.

Аккуратно снимают прибор со шкивов, выводят из зоны измерений и по шкале насадки-прогибомера 5 определяют прогиб ремня.

После завершения измерений динамометр прибора разгружают регулятором усилия 7 до значений (0,5 ÷ 1,0) Н.

Проверять нормальную работоспособность генераторной установки необходимо при техническом обслуживании ТО, в соответствии с графиком ТО.

Контрольная лампа на щитке приборов не фиксирует повышения напряжения на выходе генераторной установки. Поэтому бортовым вольтметром, а при его отсутствии вольтметром, необходимо замерить величину бортового напряжения на АКБ, для этого необходимо установить частоту вращения коленчатого вала двигателя (2600 - 3000 мин<sup>-1</sup>) и включив дальний свет фар. У исправной генераторной установки напряжение должно быть 13,5 - 14,8 В. Оно не должно повышаться с увеличением оборотов коленчатого вала или снижаться при включении других потребителей более чем на ±0,1 В.

При каждом очередном снятии генератора с автомобиля необходимо про-

вести осмотр и проверку его механической части, износ щеток и контактных колец. Минимально допустимы износ щеток указан в инструкции по эксплуатации. Если износ минимален щетки следует заменить. Контактные кольца можно зачистить мелкозернистой наждачной бумагой, если износ колец более 0,5 мм по диаметру, необходимо проточить. Подшипники ротора при нормальном состоянии вращая вала от руки должно вращаться плавно, без шума и заеданий.

### **Неисправности генераторных установок**

Генераторная установка исправна, если она обеспечивает заряд аккумуляторной батареи, развивает напряжение, не опасное для потребителя, и работает без шума. Современные генераторные установки являются высоконадежными агрегатами и часто за их отказ принимают отсутствие контакта или короткое замыкание в проводке автомобиля, срабатывание предохранителя, отказ амперметра и т.п.

Все неисправности генераторных установок можно разделить на механические и электрические.

К механическим относятся: трещины, значительные сколы, повреждения шкива генератора приводным ремнем, износ подшипников ротора, повреждение посадочных мест под подшипники и шпонку, а так же износ деталей крепления. Все неисправности, перечисленные выше это следствие нарушения технических условий эксплуатации. Их устранение связано с ремонтом или заменой поврежденных деталей.

Электрические неисправности связаны с обрывом электрических цепей или их замыканием.

Если взять все неисправности генераторной установки за 100 %, то они распределяются следующим образом:

- отказ регулятора напряжения 29%;
- неисправности выпрямителя 21%;
- междувитковые замыкания обмоток 11%;
- плохой контакт между щетками и контактами кольцами 10%;
- нарушение контакта в месте пайки выводов обмотки ротора к контактными кольцам 8%
- обрыв обмоток ротора и статора 7%
- износ подшипников 7 %
- замыкание обмоток на корпус 5%
- износ деталей крепления 2%

Плохой контакт между щетками и контактными кольцами ротора возникает при загрязнении и замасливание контактных колец, при большом износе щеток. При уменьшении усилия пружин на щетки, приводит к зависанию щеток в щеткодержателях. При таких неисправностях повышается сопротивление в цепи обмотки возбуждения, а это вызывает уменьшение силы тока возбуждения, а значит и мощности генератора. Номинальное напряжение генератора в таких случаях будет достигаться только при повышенной частоте вращения ротора. Плохой контакт между щетками и контактными кольцами является одной

из причин мигания контрольной лампы заряда АКБ.

Замыкание обмотки возбуждения на корпус может возникнуть в результате разрушения ее изоляции. При замыкании на корпус ток не проходит, вследствие чего генератор не работает. Чаще всего обмотка соединяется с корпусом в местах ее вывода к контактными кольцам ротора. Замыкание обмотки на корпус вызывает увеличение силы тока в цепи возбуждения генератора.

Межвитковое замыкание в катушке обмотки возбуждения может возникнуть при разрушении изоляции провода обмотки. Это может возникнуть в результате перегрева или механического воздействия. В результате этого уменьшается сопротивление цепи обмотки возбуждения, а значит, увеличивается сила тока возбуждения. При прохождении тока выше номинального повышается температура, что является причиной еще большего разрушения изоляции провода и замыкания между собой большого числа витков катушки.

При увеличении силы тока происходит перегрев выходного транзистора, что может привести к его пробое.

Обрыв одной фазы в цепи обмотки статора. При таком обрыве увеличивается сопротивление в цепи остальных фаз, от чего снижается мощность генератора, а аккумуляторная батарея не будет полностью заряжаться.

В случае обрыва в обмотке статора двух фаз генератор прекращает работать.

Замыкание статорной обмотки на корпус возникает вследствие механического или теплового воздействия (повреждается изоляция провода обмотки). При этом значительно снижается мощность генератора, происходит его перегрев. АКБ заряжается только на повышенной частоте вращения ротора.

Межвитковое замыкание в статорной обмотке возникает при перегреве вследствие разрушения изоляции провода обмотки. В катушках протекает ток больше номинального, а значит увеличивается нагрев обмотки вызывает дальнейшее разрушение изоляции.

При такой неисправности снижается мощность генератора, а АКБ заряжается только на больших оборотах ротора генератора.

Пробой диодов выпрямителя или обрыв внутренней цепи.

Пробой как правило происходит за счет его перегрева. Перегрев получается, когда через диод протекает ток больше номинального, это происходит во время отключения аккумуляторной батареи из сети при работающем генераторе. Пробой одного или нескольких диодов одной пластине выпрямительного блока приводит к снижению мощности генератора. Пробой диодов одновременно в двух пластинах приводит к замыканию «плюса» и «минуса». В результате такого аварийного режима в зарядной цепи проходит ток большой силы. Он приводит в большинстве случаев к выгоранию, т.е. обрыву в цепи диода.

Обрыв в цепи диода равносителен обрыву одной фазы статора. Пробой диодов одновременно в плюсовой и минусовой пластине замыкает аккумуляторную батарею на генератор. Ток в зарядной цепи резко возрастает, что приводит к выгоранию внутренней цепи диода, т.е. обрыву фазы.

Характерные неисправности генераторных установок и методы их устранения приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Характерные неисправности генераторных установок и методы их устранения

Неисправности	Причины появления	Способы устранения
Генератор не возбуждается, или возбуждается, но напряжение не заниженное. Признак: Амперметр показывает разрядный ток при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя.	Ослабление натяжения приводного ремня	Отрегулировать натяжение приводного ремня
	Загрязнены контактные кольца ротора	Протереть кольца хлопчатобумажной тканью, смоченной бензином. Если загрязнение не устраняется, зачистить наждачной бумагой и снова протереть.
	Износ щёток в щёткодержателях	Проверить высоту щёток и усилие пружины; при необходимости заменить щёточный узел или щётки
	Неисправность в цепи выпрямительного блока	Заменить выпрямительный блок или отремонтировать
	Неисправность обмотки статора	Заменить статор в сборе или отремонтировать
	Неисправность регулятора напряжения	Проверить реле-регулятор, при необходимости заменить
	Зависание щёток в щёточном узле	Проверить состояние щёток, удалить причину
Чрезмерно большой зарядный ток Признак: Стрелка амперметра максимально отклонена вправо	Неисправность в обмотке ротора	Заменить ротор в сборе. или отремонтировать
	Замыкание в щёточном узле генератора или в цепи между генератором и реле-регулятором	Устранить замыкание
Колебание тока нагрузки Признак: Стрелка амперметра колеблется	Неисправный реле-регулятор	Заменить реле-регулятор
	Если колебание не зависит от потреблений электроэнергии, то причиной проскальзывание ремня	Отрегулировать натяжение приводного ремня
Плохой контакт в цепи возбуждения	Проверить цепь возбуждения и надёжность соединения	Проверить цепь возбуждения и надёжность соединения
	АКБ разряжается через обмотку статора	Замена диодов выпрямителя или выпрямителя
Повышенный шум при работе генератора	Ослабление крепления шкива	Затянуть гайку крепления шкива
	Износ подшипников	Заменить подшипники
	Деформирован вентилятор генератора	Выправить погнутые места
Чрезмерно быстрый износ щёток генератора	Загрязнение контактных колец	Протереть кольца хлопчатобумажной тканью смоченной бензином. При необходимости зачистить стеклянной шкуркой и вторично протереть хлопчатобумажной салфеткой
	Радиальное биение контактных колец	Проверить радиальное биение контактных колец. Если оно превышает 0,005мм, то проточить кольца и заменить щёточный узел или щётки
Перегрев подшипников генератора	Слишком велико натяжение приводного ремня	Проверить натяжение ремня и установить его в соответствии с нормой

## **Оборудование и материалы**

1. Плакаты.
2. Детали и узлы: генератор в сборе, в разборе, в разрезе.
3. Макеты генераторной установки, разрезы и детали.
4. Тестер DT 700D.
5. Набор инструментов.
6. Весы.
7. Штангенциркуль
8. Дефектоскопа ПДО-1.

## **Программа работы**

- 1 Изучить литературу по теме работы.
- 2 Ознакомится с конструкцией, принцип действия, генераторной установки
- 3 Выписать паспортные данные генератора и регулятора напряжения
- 4 Произвести внешний осмотр генератора
- 5 Произвести разборку генератора
- 6 Оценить техническое состояние узлов и деталей.
- 7 По результатам проверки сделать выводы о состоянии генераторной установки.
- 8 Составить отчет.

## **Методика выполнения работы**

1. Используя конспекты лекций, учебные пособия, методические указания к лабораторной работе, а также доступный справочный материал:

- ознакомиться с назначением и принципом действия автотракторных генераторов;

- изучить устройство, назначение их узлов и элементов;

- ознакомиться с основными техническими характеристиками;

- ознакомиться с требованиями к техническому состоянию основных узлов и элементов;

- изучить технологию разборки генератора.

2. В процессе подготовки к работе найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.

3. Подготовить таблицу оценки технического состояния элементов и узлов генератора по образцу, приведенному в настоящем руководстве.

4. Перед разборкой генератора провести визуальный осмотр, проверит его механическую часть:

- не нарушен ли защитный слой поверхности генератора;

- нет ли трещин в корпусе, подшипниковых щитах, в местах крепления;

- состояние резьбовых соединений, крышек, клемных выводов, подшипников;

- наличие смазки в подшипниках;

- осевое и радиальное перемещение вала в собранном виде (для подшипников качения осевой разбег недопустим, при вращении вала рукой ротор не должен касаться неподвижных частей машины).

Результаты исследований сводят в таблицу 2.

Таблица 2 - Оценки технического состояния механической части генератора

Этап работы	Результат проверки

## 5. Разобрать генератор.

4.1 Отвернуть гайку крепления шкива для приводного ремня генератора, и посредством широкой отвертки снять шкив.

4.2 Вынуть из паза на валу ротора сегментную шпонку.

4.3 Отвернуть винт крепления щеткодержателя и снять щеткодержатель.

4.4 Отвернуть гайки четырех стяжных болтов и вытащить их из отверстий.

4.5 Снять крышку со стороны привода, а затем ротор в сборе.

4.6 Отвернуть гайки винтов, соединяющих наконечники вентиля с выводами обмотки статора.

4.7 Вынуть из колодки штекерного разъема штекер «нулевого» провода если такой имеется.

4.8 Извлечь статор из задней крышки генератора.

4.9 Отвернуть гайку плюсового вывода и снять выпрямительный блок.

## 5. Проверить состояния элементов генератора.

### 5.1 Проверить щеточный механизм

При необходимости щеткодержатель и щетки следует протереть ветошью смоченной бензином. Щетки должны свободно перемещаться в щеткодержателях. При износе до 8 мм и менее их следует заменить. Для определения давления пружин щеток, необходимо нажимать на поверхность чашки весов или использовать динамометр, как показано на рисунке 43. Щетка будет входить в щеткодержатель и, когда она будет выступать из щеткодержателя на 2 мм, фиксируют показание. Эта величина и будет тем давлением, с которым пружина прижимает щетку к контактному кольцу ротора. В генераторах типа Г250, Г271 и 66 Г272 допускается уменьшение давления пружины на щетку до 140 г с, а в генераторе Г221 - до 220 гс.



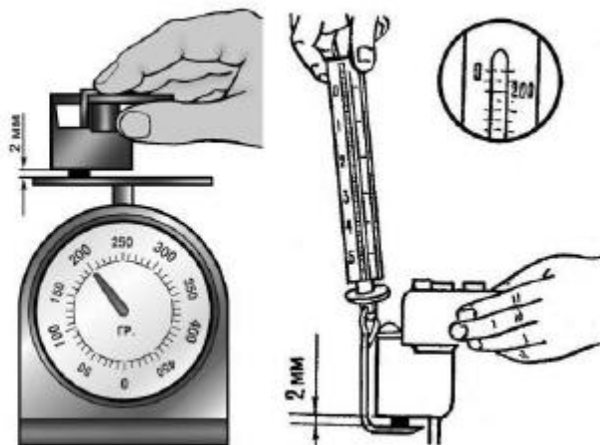


Рисунок 43 - Варианты проверки усилия пружин щеток

Таблица 3 - Характеристики щеточного контакта

Семейство автомобилей	Минимальная высота щеток, мм	Усилие пружин, г
ВАЗ	5	400-440
ГАЗ	8	180-260
АЗЛК	8	180-260

## 5.2 Проверить обмотку возбуждения

### Проверка обмотки возбуждения на обрыв

Проверка производится контрольной лампой, омметром, звуковой прозвонкой в соответствии с рисунком 44. Если обмотка оборвана, то лампа гореть не будет, а омметр будет фиксировать бесконечно большое сопротивление, звуковая прозвонка будет молчать. При обрыве у контактных колец, неисправность устраняют бескислотной пайкой мягкими припоями. Если обрыв произошел внутри катушки, производят замену или перемотку катушки.

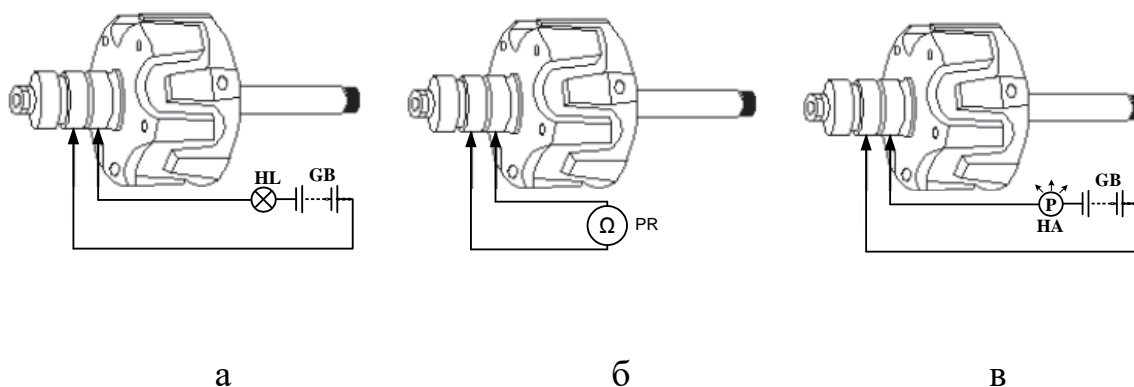


Рисунок 44 - Схема проверки обмотки возбуждения на обрыв  
 а - проверка при помощи лампы; б - проверка при помощи омметра;  
 в-проверка при помощи звуковой прозвонки

### Проверка замыкания обмотки возбуждения с корпусом

Проверка проводится контрольной лампой, с помощью омметра или звуковой прозвонки. Один вывод соединяют с любым контактным кольцом, а другой - с сердечником или валом ротора рисунок 45. Если лампа будет гореть, а сопротивление будет близко к 0, а прозвонка будет подавать звуковой сигнал то обмотка замкнута на корпус. Если невозможно изолировать обмотку от корпуса, то требуется ее замена.

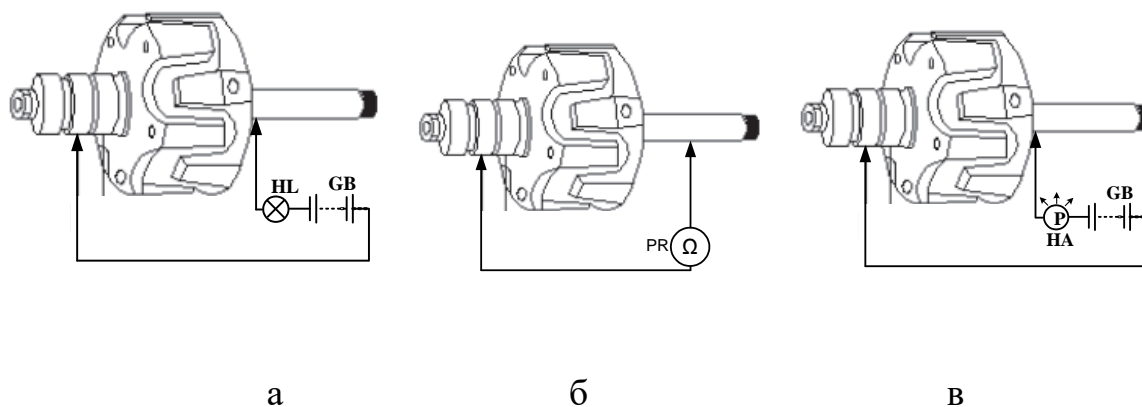


Рисунок 45 - Схема проверки обмотки возбуждения с корпусом ротора.  
а - проверка при помощи лампы; б - проверка при помощи омметра;  
в- проверка при помощи звуковой прозвонки

### Проверка межвиткового замыкания в катушке обмотки возбуждения

Проверка производится измерением сопротивления катушки обмотки возбуждения при помощи омметра или по показаниям амперметра и вольтметра при питании обмотки от аккумуляторной батареи рисунок 46. Для ограничения силы тока в цепь проверяемой обмотки включают реостат. Перед включением цепи сдвигают ползунок реостата в положение включения полного сопротивления и включают выключатель. Затем подключают щупы к контактным кольцам ротора, реостатом увеличивают силу тока. Замеряют показания амперметра и вольтметра, делением величины измеренного напряжения на силу тока определяют измеряемое сопротивление.

Для генераторов типа Г250 и Г221 сопротивление обмотки возбуждения при 20 °С составляет  $4,5 \pm 0,1$  Ом, а для генераторов Г271 и Г272 - 16,5 Ом. Если сопротивление катушки меньше каталожных данных, то ее следует заменить.

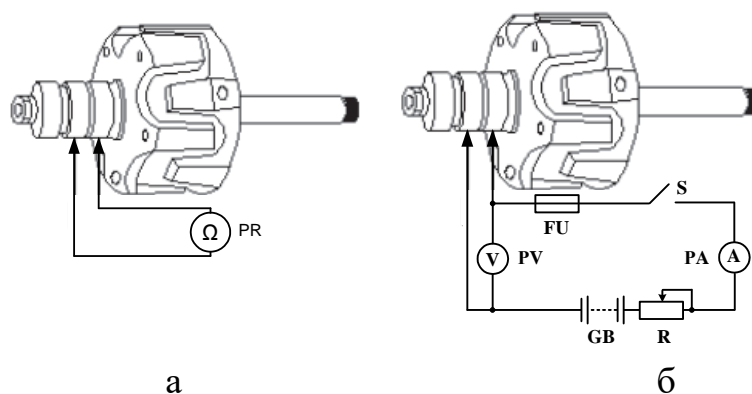


Рисунок 46 - Схема определения сопротивления обмотки возбуждения.  
 а - проверка прямым методом при помощи омметра  
 б - проверка косвенным методом при помощи амперметра и вольтметра

Для более точного и быстрого определения сопротивления обмотки возбуждения используется миллиомметр Е6-18, представленный на рисунке 47.

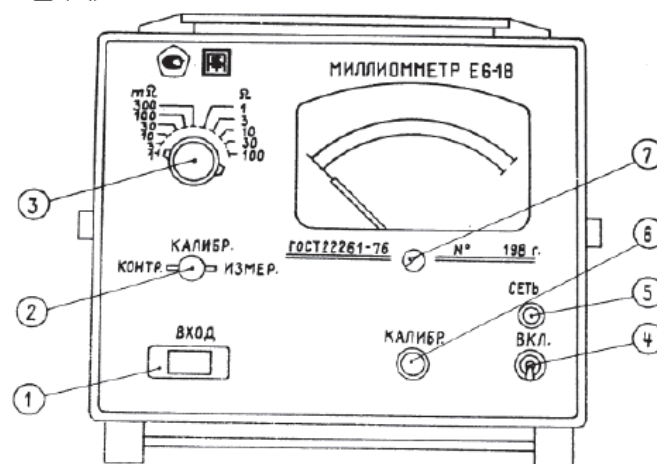


Рисунок 47 - Миллиомметр Е6-18

Перед проверкой прибор необходимо подготовить к работе. Для этого подключить кабель к разьему 1, перевести выключатель 4 в положение «Вкл.», при этом начинает светиться индикатор 5. Прогрев прибора проводят в течение 5 минут. Переключатель диапазонов 3 переводится в положение «100 Ом». Переключатель 2 переводится в положение «калибр.» и с помощью регулятора 6 устанавливается стрелка шкалы прибора на значение «10». Подключаются щупы прибора к выводам обмотки возбуждения. Переключатель 2 переводится в положение «измер.» и снимаются показания прибора.

При необходимости уменьшается предел измерения переключателем диапазонов 3. Полученные результаты измерений сравниваются с каталожными

5.3 Проверить обмотку статора.

### Проверка обмотки статора на обрыв

Проверка проводится поочередным подключением контрольной лампы, омметра или звуковой прозвонки к концам двух фаз в соответствии с рисунком 48. При обрыве в одной из катушек фазы лампа не светится, омметр фиксирует бесконечно большое сопротивление, а звуковая прозвонка молчит. Неисправную обмотку следует отремонтировать или заменить.

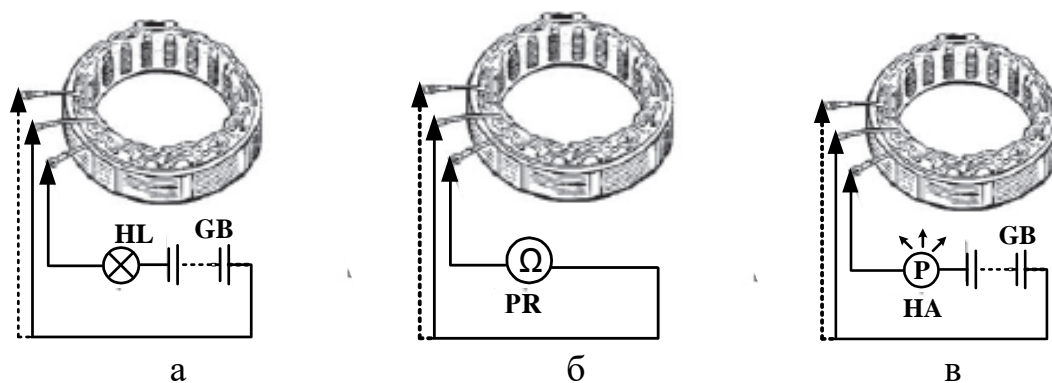


Рисунок 48 - Схема проверки обмотки статора  
а - проверка при помощи лампы; б - проверка при помощи омметра;  
в-проверка при помощи звуковой прозвонки

### Проверка замыкания обмотки статора на сердечник

Проверка проводится контрольной лампой, с помощью омметра или звуковой прозвонки рисунок 49 путем подключения одного щупа к сердечнику, а другого - к любому выводу обмотки поочередно.

Если лампа будет светиться, а сопротивление будет близко к 0, а прозвонка будет подавать звуковой сигнал то обмотка замкнута на корпус. Если невозможно изолировать обмотку от корпуса, то требуется ее замена.

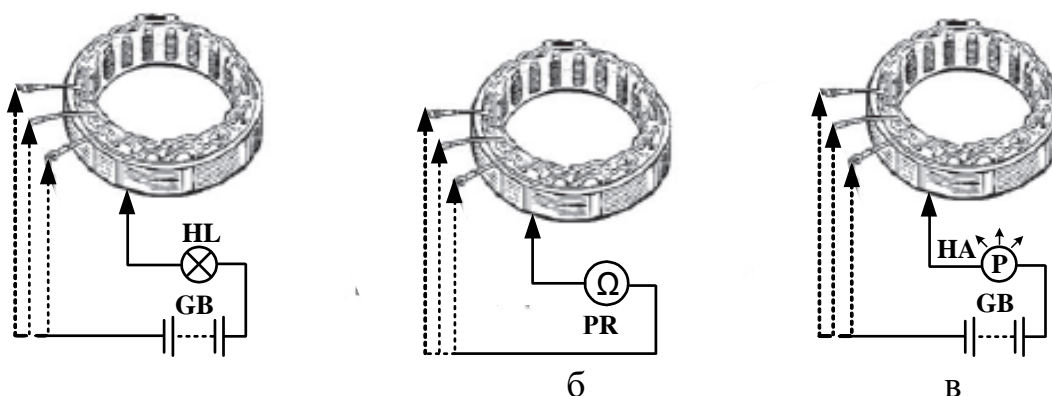


Рисунок 49 - Схема проверки статорной обмотки на замыкание с корпусом ротора  
а - проверка при помощи лампы; б - проверка при помощи омметра;  
в-проверка при помощи звуковой прозвонки

## Проверка межвиткового замыкания в катушках обмотки статора

Проверка производится измерением сопротивления фаз обмотки прямым методом (омметром), миллиомметром (см. рисунок 2.14) или косвенным при помощи амперметра и вольтметра.

Межвитковое замыкание в обмотке статора можно более достоверно определить при помощи дефектоскопа ПДО-1 рисунок 50, основу которого составляют установленные в пластмассовом корпусе индукционный и приемно-сигнальный аппараты. На стальные сердечники 2 и 6 аппарата подключена неоновая лампа 1.

Обмотка 7 индукционного аппарата подключена через контакты 8 электромагнитного прерывателя к двум зажимам 5. Параллельно контактам прерывателя включен искрогасящий конденсатор 4.

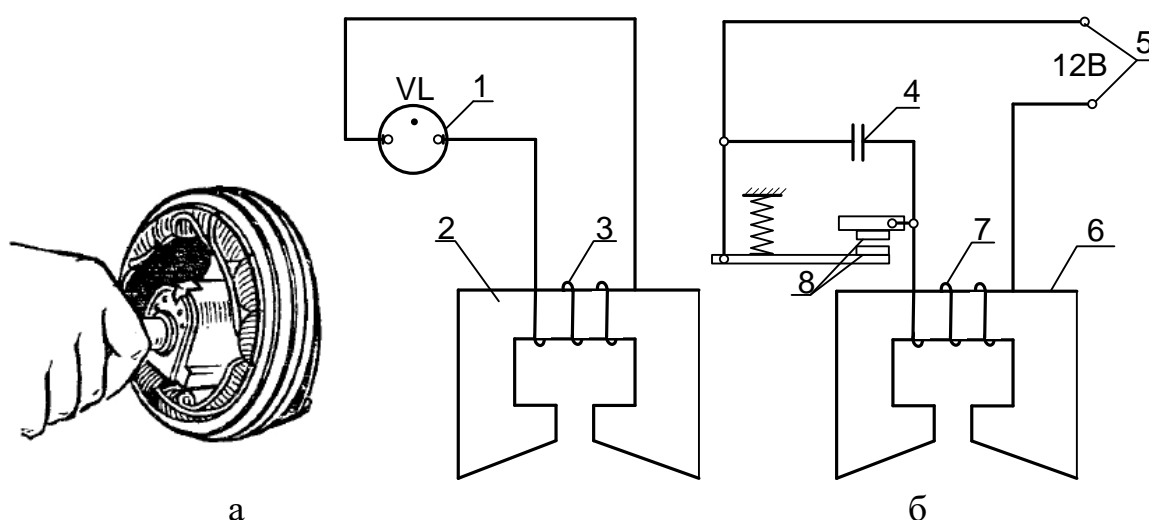


Рисунок 50 - Дефектоскоп ПДО-1

а - датчик дефектоскопа; б - схема дефектоскопа

1 - неоновая лампа; 2 и 6 - сердечник; 3 и 7 - обмотка; 4 - конденсатор;

5 – зажимы; контакты прерывателя

При проверке обмотки прибор устанавливают так, чтобы паз между зубцами сердечника статора располагался между воздушными зазорами сердечников 2 и 6 приемно-сигнального и индукционного аппаратов. Затем обмотку 7 индукционного аппарата подключают к источнику постоянного или переменного тока напряжением 12 В.

Ток в цепи индукционного аппарата вызовет вибрацию контактов прерывателя, а следовательно, пульсацию магнитного потока в сердечнике 6 и сердечнике статора генератора. В результате пересечения силовыми линиями в катушке обмотки статора будет индуцироваться ЭДС. Если в катушке есть короткозамкнутые витки, то индуцированная ЭДС создает переменный ток, который вызовет свое переменное поле. Это магнитное поле, замыкаясь через сердечник 2 приемно-сигнального аппарата, индуцирует в обмотке 3 ЭДС, под действием которой произойдет свечение лампы 1. Если проверяемая катушка

обмотки статора не имеет межвиткового замыкания, то в ней не будут создаваться ток и магнитное поле. Следовательно, в обмотке 3 приемно-сигнального аппарата не будут индуцироваться ЭДС и светиться неоновая лампа.

### Проверить диодный выпрямитель Проверка диодов выпрямителя на пробой и обрыв цепи

Основа диагностики диодного моста — измерение уровня сопротивления и поиск проводимости. Проводимость должны быть только в одном направлении.

Основных неисправностей всего две: «обрыв» и «короткое замыкание» диодов. При наличии «обрыва» диод перестает пропускать электрический ток, при «коротком замыкании» ток проходит в обоих направлениях - диод «пробит». В любом случае генератор перестает выдавать электрический ток, на панели прибора загорается контрольная лампа разряда АКБ.

Конструкция моста представляет собой две пластинки, поэтому проверять их следует поочередно.

Проверка может проводиться при помощи контрольной лампы, омметра или прибора для проверки полупроводниковых приборов. Такой прибор присутствует в тестере (прозвонка диодов).

Суть моста в том, что диоды проводят электричество только в одном направлении, поэтому на одной из сторон лампа будет светиться, а тестер будет показывать сопротивление близкое к нулю. На другой стороне лампа не будет светиться, а тестер будет показывать высокий уровень сопротивления рисунок 111.

Для диагностики один щуп прикладывается к плюсовому выводу, а второй поочередно прикладываем к каждому из диодов. После — проводим те же самые действия, поменяв щупы местами.

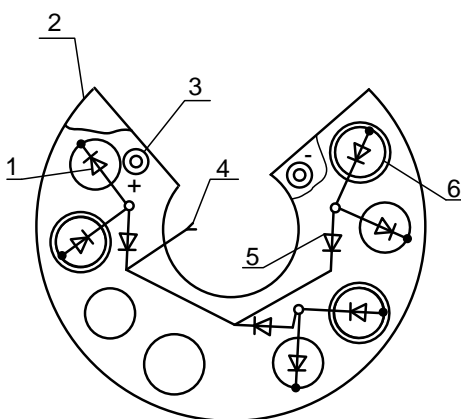


Рисунок 51 - Схема выпрямительного блока  
1 - силовой диод (положительной полярности)  
2 - пластина монтажная отрицательная  
3 - пластина монтажная отрицательная  
4 - вывод диодов обмотки возбуждения  
5 - диод обмотки возбуждения  
6 - силовой диод отрицательной пластины

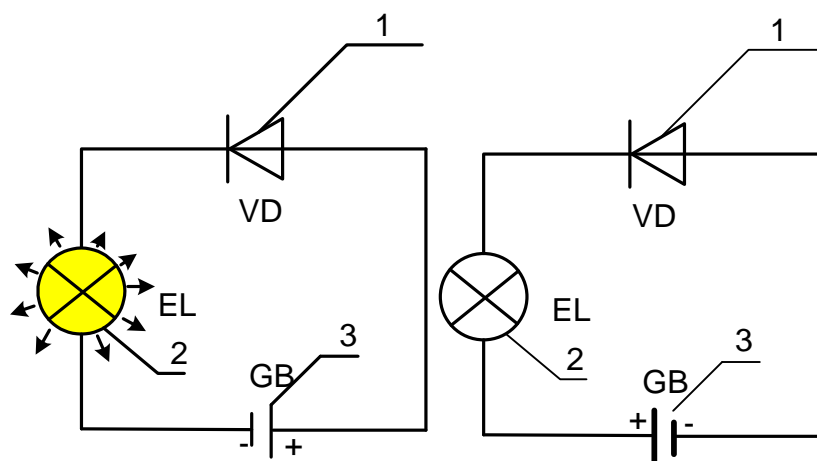


Рисунок 52 - Схемы проверки диодов при помощи контрольной лампы  
1 – диод; 2 - контрольная лампа; 3 - аккумуляторная батарея

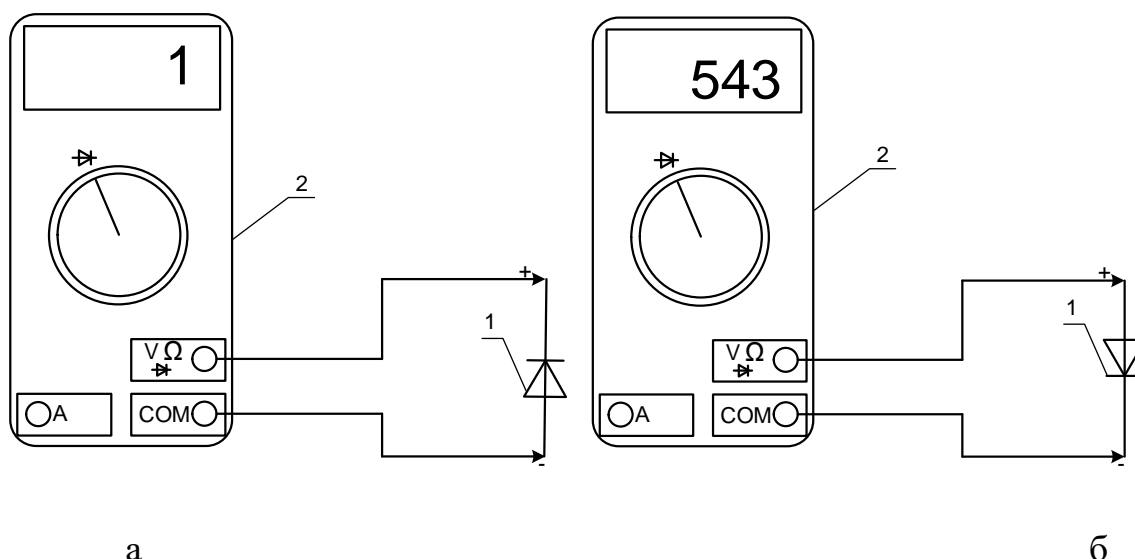


Рисунок 53 - Схемы проверки диодов при помощи мультиметра (прозвонка диодов)  
а - сопротивление стремится к бесконечности;  
б - сопротивление несколько сотен Ом  
1 – диод; 2 - мультиметр

Проверить регулятор напряжения

Проверка регулятора напряжения

Проверить исправность регулятора напряжения можно различными способами.

*Простой вариант проверки регулятора*

Запустить ДВС, включить нагрузку (фары, вентилятор отопителя, освещение салона и т.д.) после прогрева двигателя (скорость вращения э́том не должна превышать 2 тыс. оборотов в минуту), замерить напряжение между клеммами аккумуляторной батареи. Оно не должно превышать 14 вольт, и не должно быть ниже 12 вольт.

*Сложный вариант проверки регулятора* используется в тех случаях, когда неисправность регулятора при проверке простым способом установить не удаётся (например, в ситуациях, когда напряжение между клеммами аккумулятора составляет не 12 вольт и выше, а 11.7 - 11.9 вольт).

В этом случае регулятор необходимо снять и проверить отдельно.

На современных автомобилях применяется регулятор, совмещенный со щеточным узлом.

Для проверки потребуется источник питания с регулируемым напряжением от 12 до 16 В. Его подключают плюсовым проводом на выходной контакт, минусовым - на «массу». Непосредственно к щеткам подключается нагрузка в виде 12-вольтовой автомобильной лампочки мощностью 1...3 Вт рисунок 54.

При увеличении напряжения питания до 14,5 В лампа должна погаснуть. В данном случае регулятор считается исправным. Если лампа при увеличении напряжения не гаснет, то это означает, что регулятор неисправен.

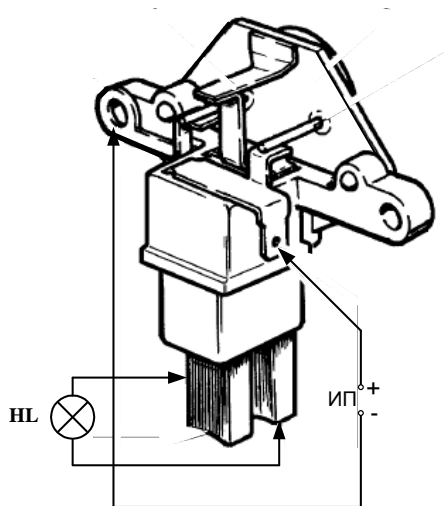


Рисунок 54 - Схема проверки совмещенного регулятора напряжения

Таким же способом проверяется отдельно стоящий регулятор. В основном он крепится на кузове в моторном отсеке. Но иногда и на крышке генератора. Пусть, например, это будет регулятор типа Я112 В.

Плюсовый провод подсоединяем к клеммам «Б» и «В», минус подаем на корпус. Контрольную лампочку соединяем с клеммами «В» и «Ш» рисунок 55. Далее делаем все точно так же, как и с совмещенным регулятором. На рисунке 55 а показана проверка регулятора напряжения Я 112 А.



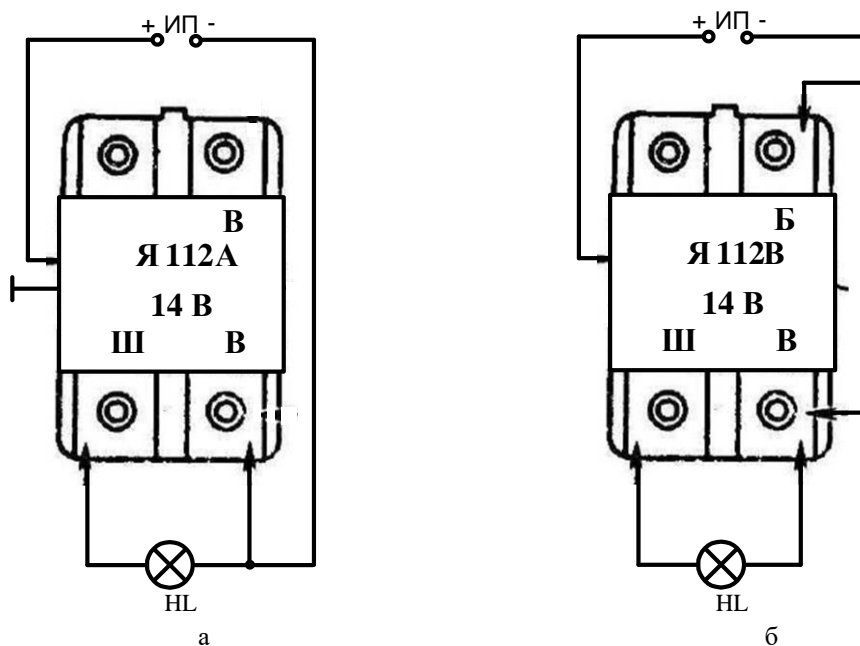


Рисунок 55 - Схема проверки регулятора напряжения Я 112  
 А- регулятор напряжения Я 112 А; б - регулятор напряжения Я 112 В

Проверка устаревший модели 591.3702–01

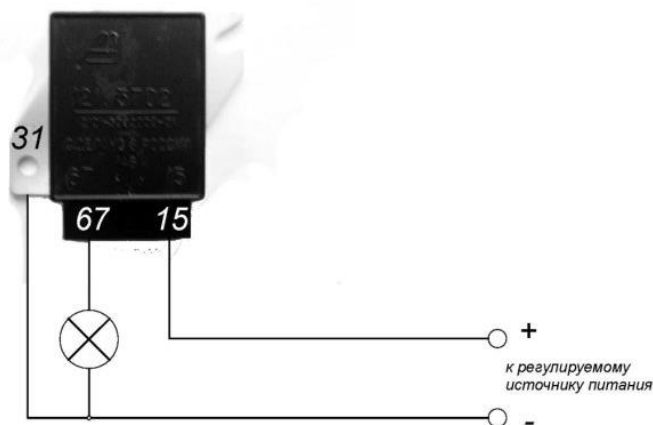


Рисунок 56 - Схема проверки регулятора напряжения 591.3702–01

Проверит конденсатор генератора

Проверка конденсатора

Для проверки конденсатора необходимо к его корпусу и отсоединенному проводу подвести на мгновение напряжение 220 В через контрольную лампу. Конденсатор зарядится. Затем провод поднести к корпусу. Если между ними проскочит искра, то конденсатор исправен. Отсутствие искры свидетельствует об обрыве в нем, свечение контрольной лампы - о пробое. При проверке мультиметром в начале и в конце измерения сопротивление стремится к бесконеч-

ности (конденсатор исправен). Неисправный конденсатор заменяют.

6. Результаты проверки свести в таблицу 4.

Таблица 4 - Оценка технического состояния электрической части генераторной установки

Этап работы	Результат проверки

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Выписать паспортные данные применяемой в работе генераторной установки.
3. Таблицы с результатами измерений и вычислений.
4. По результатам измерений сделать выводы по состоянию генераторной установки.
5. Выводы

### Контрольные вопросы

1. Что включает в себя система электроснабжения автомобиля?
2. Как устроен генератор переменного тока?
3. Каково назначение генератора?
4. По каким конструктивным характеристикам различают генераторы?
5. Принцип действия генератора переменного тока.
6. Каковы основные параметры генератора?
7. Каковы основные характеристики генератора?
8. Как работает генераторная установка?
9. В чем преимущество генератора переменного тока с выпрямителем по сравнению с генератором постоянного тока?
10. Какие основные неисправности могут быть у генератора?
11. Как проводится техническое обслуживание генератора?
12. Как работает мостовая схема выпрямителя трехфазного генератора переменного тока?
13. От чего зависит напряжение, вырабатываемое генератором?
14. Назначение регуляторов напряжения.
15. Как устроены регуляторы напряжения?
16. В результате чего в обмотке наводится ЭДС?
17. Почему генераторы компактного исполнения вытесняют генераторы традиционного исполнения?
18. Почему статор генератора набирают из пластин?
19. Перечислите основные отличия при соединении фаз статора «звездой» и «треугольником».
20. Для какой цели выводится средняя точка при соединении фаз «звездой».

21. Из какого материала изготавливают контактные кольца?
22. Как устроен выпрямительный блок автомобильного генератора?
23. Как осуществляется привод генератора на автомобиле?
24. Какую роль выполняют диоды основного выпрямителя?
25. Какую роль выполняют диоды дополнительного выпрямителя?
26. Как обеспечивается защита от проворачивания подшипников генератора?
27. Как обеспечивается необходимое натяжение ремня привода генератора?
28. Для чего в электрической схеме генератора предназначен конденсатор?
29. Каково назначение резистора, соединенного параллельно с контрольной лампой?
30. Какова диагностическая роль контрольной лампы?
31. На каком принципе основана работа регулятора напряжения?
32. Перечислите достоинства и недостатки современных бесконтактных регуляторов напряжения.
33. Почему не допускается работа генераторной установки с отключенной АКБ?
34. Как осуществляется проверка натяжения приводного ремня?
35. В каком случае щетки генератора подлежат замене?
36. Как проверяют состояние подшипников автомобильного генератора?

## Литература

1. Акимов С.В., Чижков Ю.Л. Электрооборудование автомобилей. М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. 384 с.
2. Волков В.С. Электрооборудование транспортных и транспортнотехнологических машин: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 384 с.
3. ГОСТ Р 52230-2004 «Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия». Введ. 2005-01-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 22 с.
4. Дмитриев А.В. Электрооборудование автомобилей, тракторов и комбайнов: учеб. пособие. М.: Транспорт, 2009. 199 с.
5. Звонкий Ю.З. Современный автомобиль и электронное управление: учебное пособие. Ярославль: Изд-во Ярославского ГТУ, 2006. 250 с.
6. Набоких В.А. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. 3-е изд. стер. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 400 с.
7. Пузаков А.В., Филатов М.И. Системы электроснабжения автомобилей: учеб. пособие. Оренбург, 2018. 336 с.
8. Пузаков А.В., Федотов А.М. Оценка технического состояния системы электроснабжения автомобилей. Оренбург: ОГУ, 2015. 103 с.
9. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы: учеб. пособие. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 240 с.
10. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2007. 656 с.
11. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов. М.: Горячая линия-Телеком, 2009. 440 с.
12. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля: учеб. пособие. М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 272 с.

## Приложение

Таблица 5 - Основные характеристики генераторных установок

Обозначение	Наименование	Область применения	Особенности использования	Характеристики
Г288	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	КамАЗ-4310 и модиф.	С регулятором 111.370.	28 В, 47 А, 11 кг.
958.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	КамАЗ, взамен генераторов Г272, Г273 и его модиф.	С регулятором Я120-М1, Я120-М1.	28 В, 840 Вт, 35 А, 5,3 кг.
66.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	ПАЗ-672М, -3201 и модиф.	С регулятором Я112-А.	14 В, 60 А, 5 кг.
65.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автобусы ЛАЗ-42021, -4206.	С регулятором 23.370.	28 В, 90 А, 7,6 кг.
662.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	РАФ-2203.	С регулятором Я112-А.	14 В, 60 А, 5,1 кг.
Г287К	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	ЛАЗ-695, -696, -697 и модиф.	С регулятором Я112-А.	14В, 80А, 10 кг.
661.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автобус КАВЗ-685 и модиф.	С регулятором Я112-А.	14 В, 60 А, 5,1 кг.
19.3771	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	ГАЗ-3102, -31029 и модиф.	С регулятором 13.3702-01.	14 В, 55 А, 5,7 кг.
Г222ДЗ	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	ГАЗ-33061.	С регулятором 22.370.	12В, 40А, 4,7кг.
387.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	ГАЗ-4301 и модиф.	С регулятором 19.3702.	14 В, 90 А, 10 кг.
162.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ГАЗ-53-92, КАВЗ-3270.	С регулятором 13.3702-0.	14 В, 65 А, 6,1 кг.
16.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ГАЗ-24-10, -3102.	С регулятором 13.3702-0.	14 В, 65 А, 6,7 кг.
211.3771	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили МАЗ.	С регулятором Я120-М.	28 В, 50 А, 6 кг.
85.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	АЗЛК-2142, ИЖ-2126 и модиф.	С регулятором Я212-А11.	14 В, 55 А, 4,8 кг.
58.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	АЗЛК-2140, ИЖ-2125 и модиф.	С регулятором Я112-А.	14 В, 52 А, 4,85 кг.
17.3701-06	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ЗИЛ, ГАЗ.	С регулятором Я112-А.	14 В, 40 А, 5,2 кг.
32.3701-06	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ЗИЛ-431410 и модиф..	С регулятором 201.370.	14 В, 60 А, 4,8 кг.
17.3701-30	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ЗИЛ-431410, Урал-377, КАЗ-608.	С регулятором Я112-А	14 В, 40 А, 6,62 кг.
581.3701-10	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	ВАЗ-2101, 2107, АЗЛК-2141.	С регулятором Я112-А.	14 В, 52 А, 4,85 кг.
371.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ВАЗ-21213.	С регулятором 17.370.	14 В, 55 а, 14,84 кг.
37.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Автомобили ВАЗ-2108, -2109	С регулятором 17.370.	14 В, 55 А, 14,84 кг.
63.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	БелАЗ-7522, -7540, -7523, -531.	С регулятором 21.370.	28 В, 150 А, 22,5 кг.

60.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	БелАЗ-7509, 7519, 7521	С регулятором 21.370.	28 В, 60 А, 12 А, 21,5 кг.
961.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	Комбайн "Енисей-1200".	С регулятором Я112-Б.	$n_{\max}$ 6000 об/мин, 14 В, 100 Вт, 88 А, 5,5 кг.
964.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	Комбайны "Нива", "Колос	. С регулятором Я112-.	$n_{\max}$ 6000 об/мин, 14 В, 100 Вт, 88 А, 5,5 кг.
996.3701	Генератор	Т-160 трактор Т-170	"1000 Вт	28 В. "
966.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	Трактор Т-130М, комбайн Дон-1500.	С регулятором 241.370.	$n_{\max}$ 6000 об/мин, 28 В, 100 Вт, 40 А, 5,5 кг.
963.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	Трактор ТТ-4.	С регулятором Я112-Б.	$n_{\max}$ 6000 об/мин, 14 В, 100 Вт, 88 А, 5,5 кг.
96.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	Трактор Т-150К и модиф, комб. СК-6 и мод.	С регулятором Я112-Б.	$n_{\max}$ 6000 об/мин, 14 В, 100 Вт, 88 А, 5,5 кг.
57.3701	Генератор переменного тока с э/м возбуждением	Тракторы К-701-М и модиф.	С регулятором 23.370.	28 В, 75 А, 10 кг.
468.3701	Генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов	Тракторы ТДТ-55, Дт-175С, МТЗ-100, -10.	С регулятором Я112-Б.	$n_{\max}$ 6000 об/мин, 14 В, 700 Вт, 60 А, 5,5 кг.
465.3701	Генератор бесконтактный индукторный переменного тока с э/м возбуждением	Тракторы Т-180 и мод., Т-100М, двигатели СМД-60, -62, Д80Ч,.	С регулятором Я112.	14 В, 700 Вт, 60 А, $n_{\max}$ =6000 об/мин, 5,5 кг.
462.3701	Генератор бесконтактный индукторный переменного тока с э/м возбуждением	Тракторы Т28-Х4, Т-40, -40М.	С регулятором Я112.	14 В, 700 Вт, 60 А, , 5,5 кг $n_{\max}$ . 6000 об/мин

Учебное издание

Иванюга Михаил Михайлович

## **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ,  
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
И ОБСЛУЖИВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Методическое пособие  
для выполнения лабораторной работы  
для студентов направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 11.04.2024 г. Формат 60x84<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,66. Тираж 25 экз. Изд. № 7666.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ