

В. И. ТИМИНСКИЙ

Новое автотракторное электрооборудование

**Издательство „Ураджай“
Минск 1972**

ТИМИНСКИЙ В. И.

Т41 Новое автотракторное электрооборудование. Мн., «Ураджай», 1972.

80 с. с илл. 16500 экз. 12 к.

В брошюре даются принципиальные схемы, рассматриваются работа и устройство нового автотракторного электрооборудования, применяемого на последних серийных моделях тракторов «Беларусь», Т-25, самоходных шасси Т-16М, автомобилях ЗИЛ-130, ГАЗ-53А, ГАЗ-24 «Волга», «Москвич-412» и др.

Описаны генераторы и выпрямители переменного тока, транзисторные и контактно-транзисторные регуляторы напряжения, контактно-транзисторная система зажигания, система пуска и блокировки стартера на двигателях с генераторами переменного тока, полупроводниковые приборы.

Приводятся сведения по проверке и регулировке нового электрооборудования, даются практические советы по сбережению и уходу.

Брошюра предназначена для широкого круга механизаторов сельского хозяйства, шоферов, автоэлектриков и ремонтников. Она также может быть полезна студентам сельскохозяйственных вузов и техникумов при изучении нового автотракторного электрооборудования.

Список лит... с..

4-2-2

48-72М

631.3

Тиминский Вольдемар Иванович

НОВОЕ АВТОТРАКТОРНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Редактор *Э. Липницкий*. Обложка художника *Г. Скрипниченко*. Художественный редактор *Е. Малышева*. Технический редактор *М. Соколовская*. Корректор *К. Степанова*.

АТ 12 256. Сдано в набор 26/IV 1972 г. Подписано к печати 25/VIII 1972 г. Формат 84×108¹/₃₂. Физ. печ. л. 2,5. Усл. печ. л. 4,2. Уч.-изд. л. 4,2. Тираж 16 500 экз. Заказ 708. Цена 12 коп. Бумага типогр. № 3.

Издательство «Ураджай» Государственного комитета Совета Министров Белорусской ССР по печати. Минск, Инструментальный пер., 11.

Типография «Красный печатник», Минск, пер. Калинина, 12.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Совершенствование конструкций тракторов и автомобилей выдвигает повышенные требования к их электрооборудованию. Важнейшие из этих требований: увеличение мощности генераторных установок, повышение надежности и долговечности, обеспечение безотказного запуска и наиболее экономичной работы двигателей в различных эксплуатационных условиях, снижение затрат на обслуживание, уменьшение токсичности выхлопных газов.

В связи с задачами, поставленными партией и правительством перед автотракторной промышленностью, уже в текущей девятой пятилетке (1971—1975 гг.) довести срок службы электрооборудования на тракторах до 5—6 тыс. мото-часов работы, а на автомобилях — до 200—250 тыс. км пробега, большим изменениям подверглись системы электроснабжения и зажигания. Ведутся работы по усовершенствованию систем электропуска, освещения и контрольно-измерительных приборов.

Повышение мощности генераторных установок диктуется значительным увеличением числа потребителей электрической энергии на автомобилях и тракторах.

В настоящее время на автомобилях электрическая энергия используется для пуска двигателей и зажигания рабочей смеси, в системах освещения, сигнализации, для очистки ветрового стекла, в автоматических устройствах привода вентилятора системы охлаждения, в контрольно-измерительных приборах, устройствах для создания комфорта, аппаратах связи и приборах видения в тумане и ночью, а также в электромагнитных тормозах-замедлителях.

В будущем на транспортных средствах намечается дальнейшее увеличение числа потребителей электрической энергии. К ним можно отнести: электронную систему управления впрыском топлива, автоматическое управление коробкой перемены передач, электромагнитное сцепление, кондиционеры воздуха и др.

Наша промышленность уже серийно выпускает принципиально новые конструкции трехфазных генераторов переменного тока с полупроводниковыми выпрямителями, контактно-транзисторные и бесконтактные электронные реле-регуляторы, контактно-транзисторные системы зажигания и ряд новых контрольно-измерительных приборов.

Характерным для перечисленных приборов является широкое использование в них полупроводниковой электроники, обладающей большой механической прочностью и долговечностью.

В брошюре автор стремился познакомить читателей с устройством, работой, правилами эксплуатации нового автотракторного электрооборудования.

1. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

1. Общие сведения

Полупроводниками называют твердые тела, которые по своей электрической проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками. В отличие от металлов электрическая проводимость полупроводников с повышением температуры повышается (уменьшается удельное сопротивление).

Свойствами полупроводников обладают некоторые химически чистые элементы и соединения. К ним относятся: германий, кремний, арсенид галлия, карбид кремния и др.



Рис. 1. Схема парноэлектронных связей в кристалле полупроводника и образование собственной проводимости кремния

Для изготовления полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, тиристоров) наиболее широко применяются кремний и германий. Они принадлежат к четвертой группе периодической системы элементов Менделеева. На внешней электронной оболочке у атомов этих элементов имеется по четыре валентных электрона, которые с электронами соседних четырех атомов образуют так называемые парноэлектронные связи, удерживающие атомы (рис. 1) в кристаллической решетке.

Два электрона (по одному от соседних атомов) находятся на общей орбите между двумя атомами крем-

ния и своими отрицательными зарядами удерживают положительные ионы кремния друг возле друга.

В кристаллических решетках химически чистых (беспримесных) полупроводников при температуре, близкой к абсолютному нулю, все электроны внешних орбит участвуют в парноэлектронных связях; свободных электронов, способных переносить электрические заряды, нет. В таких условиях полупроводники являются изоляторами.

Под действием тепловой или световой энергии часть электронов отрывается от своих парных связей и становится свободными. При наличии электрического поля свободные электроны получают направленное движение и выполняют роль носителей тока.

Электропроводность полупроводников, полученная за счет направленного движения свободных электронов, называется электронной проводимостью, или проводимостью типа *n* (*negative* — отрицательный).

В полупроводниках в отличие от металлов существует и другой вид электропроводности — дырочная, так называемая проводимость типа *p* (*positive* — положительный).

Атом полупроводника, потерявший с внешней орбиты электрон, становится положительно заряженным, т. е. ионизированным атомом. Такой атом назвали дыркой, чем подчеркивается, что в атоме имеется свободное место, т. е. не хватает одного электрона. Место ушедшего электрона (дырку) может занять другой, с орбиты соседнего атома, при этом дырка переместится к соседнему атому, откуда пришел электрон, т. е. в сторону, противоположную движению электрона. Хотя носителями зарядов и здесь являются электроны, но переход их из связи в связь вызывает перемещение единичных положительных зарядов в противоположную сторону.

В химически чистом полупроводнике в обычных условиях число дырок невелико и равно количеству свободных электронов, которые, передвигаясь в кристалле, встречаются с дырками и восстанавливают разрушенные связи, т. е. рекомбинируют.

Под действием внешнего электрического поля ток в полупроводнике создается одновременным перемещением электронов и дырок во взаимно противоположных направлениях. Такая электронно-дырочная проводимость чистых полупроводников, у которых появление

свободных электронов всегда сопровождается возникновением такого же количества дырок, называется собственной проводимостью (рис. 1). Она, как правило, невелика, так как число свободных электронов при обычных условиях мало.

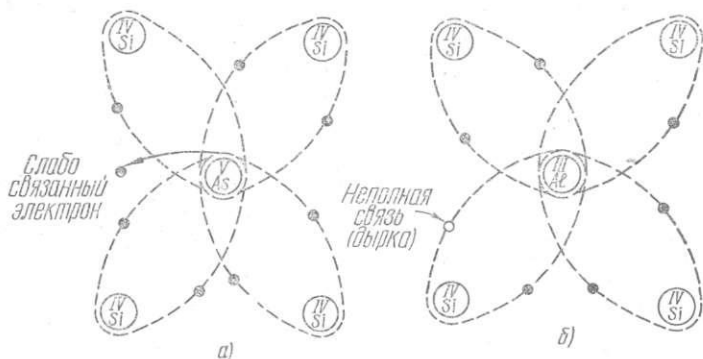


Рис. 2. Схема образования однотипных проводимостей полупроводников:

а — электронной (n типа); б — дырочной (p типа)

Если в полупроводник ввести атом другого вещества, то наряду с собственной электропроводимостью в нем появится примесная проводимость, которая, в зависимости от рода введенной примеси, может быть как электронной, так и дырочной.

Для изготовления полупроводников с преимущественно односторонней проводимостью применяют в качестве примесей пятивалентные элементы: мышьяк, сурьму, фосфор, а также трехвалентные: алюминий, индий, бор и др.

Если в кристалл четырехвалентного кремния добавить несколько атомов пятивалентной примеси мышьяка, то в кристалле увеличивается число свободных электронов. Это происходит вследствие того, что только четыре электрона мышьяка создают прочные парно-электронные связи с атомами кремния. Пятый валентный электрон мышьяка будет слабо связан со своим атомом и, получив дополнительную энергию (тепловую или световую), легко отрывается, не оставляя после себя дырки (рис. 2, а). Таким образом, в кристалле полупроводника становится больше свободных электронов, чем дырок. В этом случае свободные электроны будут основными носителями зарядов, а дырки — не-

основными. Такой полупроводник обладает примесной электронной проводимостью n типа.

Если в четырехвалентный кремний ввести трехвалентную примесь алюминия, то атомы последнего, имея на внешней оболочке только три электрона, не могут заполнить всех связей с четырьмя соседними атомами кремния (рис. 2, б). Одна незаполненная связь у электрически нейтрального атома примеси представляет собой свободное место, дырку. При наличии электрического поля дырки заполняются электронами, пришедшими из связей соседних атомов, где образуются новые дырки, которые, в свою очередь, перемещаются при заполнении их другими электронами и т. д. Так создается дырочная проводимость p типа. У этих полупроводников количество дырок (основных носителей тока) значительно больше, чем свободных электронов (неосновных носителей тока).

2. Диоды

Электронно-дырочный переход. Если в кристалле полупроводника создать две области: одну с преимущественной концентрацией электронов, n область, вторую — с преимущественной концентрацией дырок, p область (рис. 3, а), то на границе AB раздела двух областей возникает характерный и очень важный слой, называемый электронно-дырочным переходом, или p - n переходом.

Через границу раздела AB из области n в область p проникают электроны. В пограничном слое со стороны области n остаются положительно заряженные ионы, а в области p , вследствие рекомбинации дырок с электронами, создается отрицательно заряженный слой. Возникшее электрическое поле E_n двойного электрического слоя препятствует дальнейшему переходу электронов. Пограничные зоны областей, обедненные основными носителями зарядов, называются запирающим слоем. Запирающий слой создает определенное сопротивление электрическому току.

Если подвести к p и n областям такого полупроводника постоянное внешнее напряжение в прямом направлении (рис. 3, б), т. е. положительное — к p области, а отрицательное — к n области, то в результате действия внешнего электрического поля $E_{вн}$, в направлении,

противоположном полюс перехода E_n , ширина запирающего слоя сократится, а его сопротивление резко уменьшится. Основные носители зарядов (дырки p области и электроны n области) движутся навстречу друг другу и рекомбинируют в пограничном слое. На место прошедших переход электронов из источника тока поступают новые, а уменьшение дырок в p области компенсируется уходом электронов к положительному полюсу источника. В результате через переход протекает сравнительно большой ток, называемый прямым током I_F .

Если к электронно-дырочному переходу подвести обратное напряжение (рис. 3, в), то электроны из n области будут притягиваться к положительному полюсу источника тока, а дырки из p области — к отрицательному. В результате этого как электроны, так и дырки будут отходить от пограничного слоя, и ток через переход почти прекратится. Незначительный ток через переход все же будет проходить вследствие наличия в p и n областях небольшого количества неосновных носителей зарядов (электронов в p области и дырок в n области), которые, проникая в пограничный слой, поддерживают обратный ток I_R . Обратный ток во много раз меньше прямого, и можно считать, что по-

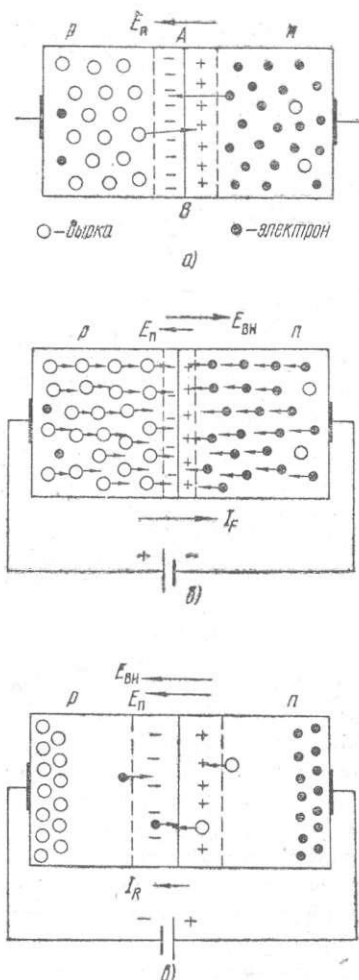


Рис. 3. Электронно-дырочный переход:

а — образование p - n перехода;
 б — прямое подключение внешнего напряжения к p - n переходу;
 в — обратное подключение внешнего напряжения к p - n переходу

лупроводник с одним электронно-дырочным переходом имеет одностороннюю проводимость электрического тока.

На рис. 4, а и 4, б показаны характеристики (вольтамперная и сопротивления) электронно-дырочного перехода.

Вольтамперная характеристика дает зависимость изменения тока, проходящего через переход, от величины и полярности приложенного напряжения. При неболь-

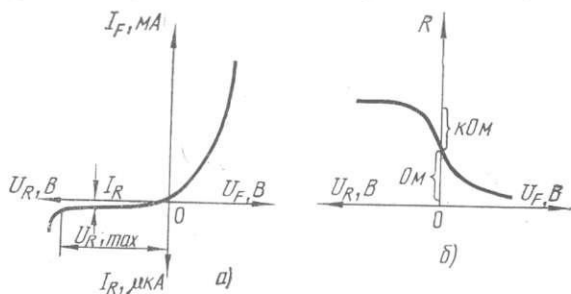


Рис. 4. Характеристики $p-n$ перехода:

а — вольтамперная; б — сопротивления

ших увеличениях прямого напряжения U_F наблюдается значительный рост тока. Обратный ток I_R при увеличении обратного напряжения U_R имеет незначительную величину, но при U_{Rmax} происходит электрический необратимый пробой $p-n$ перехода, разрушающий его одностороннюю проводимость.

Из характеристики, приведенной на рис. 4, б видно, что сопротивление перехода изменяется нелинейно. При увеличении приложенного прямого напряжения сопротивление $p-n$ перехода резко уменьшается и составляет единицы ома. С увеличением обратного напряжения сопротивления $p-n$ перехода резко увеличивается и составляет килоомы.

Кремниевые и германиевые выпрямительные диоды. Полупроводниковыми диодами называют приборы, имеющие электронно-дырочный переход и два вывода от областей с противоположной проводимостью.

Диоды подразделяются по многим признакам, в том числе по конструктивным особенностям электронно-дырочных переходов, и по свойствам, определяющим сферы применения.

В автотракторном электрооборудовании нашли широкое применение плоскостные диоды, обладающие

свойством односторонней проводимости, а также диоды, способные стабилизировать напряжение, — стабилитроны. Выпрямительные диоды называют также электрическими вентилями.

Плоскостные диоды в отличие от точечных имеют большую площадь электронно-дырочного перехода, выдерживают значительные (до несколько сотен вольт) обратные напряжения и способны пропускать в прямом направлении ток до 20 и более ампер. Учитывая это, такие диоды называют силовыми.

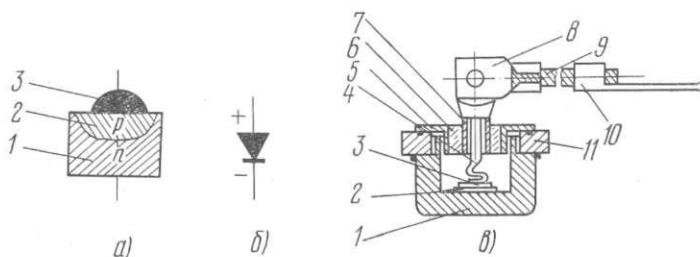


Рис. 5. Полупроводниковый диод:

a — принципиальная схема; *б* — условное изображение; *в* — устройство диода серии ВА

Для изготовления выпрямительных диодов используют германий и кремний. На рис. 5, *a* приведена принципиальная схема устройства плоскостного диода, изготовленного методом сплавления примеси в пластинку полупроводника, а на рис. 5, *б* — его условное изображение.

В монокристаллическую пластинку германия 1 (или кремния) n типа вплачивается капля примесного вещества 3, индия (для германия) или алюминия (для кремния). В результате диффузионного проникновения атомов примеси в пластинку и захвата ими электронов, принадлежащих атомам полупроводника, создается область 2 с проводимостью p типа. На границе областей полупроводника с электронной и дырочной проводимостями возникает p - n переход. Через переход ток легко проходит от примесного элемента к исходной пластинке полупроводника и плохо — в обратном направлении. Здесь примесный элемент является анодом, а пластинка полупроводника — катодом.

Плоскостные диоды изготавливают также методом диффузии, сущность которого состоит в том, что при-

месное вещество, находясь в жидком или газообразном состоянии, проникает в исходный полупроводник при избыточном давлении и высокой температуре.

По мощности диоды делят на три группы. Диоды малой мощности рассчитаны на выпрямленный ток до 300 мА¹, средней мощности — до 10 А, диоды большой мощности — до 1000 А.

Работа диодов зависит от температуры. Кремниевый диод устойчиво работает в диапазоне температур от 213К (−60°C) до 420К (+150°C), а германиевый — от 213К (−60°C) до 348К (+75°C).

Для выпрямителей генераторов переменного тока разработаны серии кремниевых диодов ВКЗ и ВА. Серия ВА состоит из четырех типов: ВА-6,3; ВА-10; ВА-16 и ВА-20. Цифры в обозначении соответствуют номинальному току в амперах при температуре корпуса 273К (0°C). Номинальное напряжение для диодов ВА-6,3 и ВА-10 составляет 100 В, а для ВА-16 и ВА-20 — 150 В. Прямое падение напряжения не более 0,57÷0,60В. Диапазон допустимых температур корпусов от 223К (−50°C) до 420К (+150°C). Вся серия диодов имеет одинаковые габаритные и присоединительные размеры и крепится в теплоотводах, корпусах выпрямителей или крышках генераторов способом запрессовки.

Устройство диода серии ВА показано на рис. 5, в. Кремниевая пластинка 2 с *p-n* переходом, который получен диффузионным методом, припаяна высокотемпературным сплавом к основанию медного корпуса 1. К кремниевой пластинке через диск 3 припаян S-образный внутренний вывод 4, который соединен со штенгелем 7 изолятора 6. S-образная форма вывода компенсирует механические и тепловые нагрузки. Фланец 5 изолятора прикреплен контактной сваркой к армирующему стальному кольцу 11, соединенному с корпусом диода высокотемпературным сплавом. Армирующее кольцо воспринимает давление запрессовки, которое не должно превышать 4900Н (500 кг). К штенгелю может быть приварен наружный вывод, состоящий из лепестка 8, провода 9 и наконечника 10.

¹ Единицы физических величин даны согласно Международной системе (СИ), см. «Оригиналы издательские машинописные ГОСТ 17059—71» Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. Изд. стандартов. Москва, 1971.

Диоды для встроенных выпрямителей генераторов переменного тока выпускаются двух полярностей: прямой и обратной. У диодов прямой полярности область n (катод) соединена с корпусом, а область p (анод) с выводом, пропущенным через изолятор. Эти диоды проводят ток от вывода к корпусу.

У диодов обратной полярности с корпусом соединена область p , а с выводом — область n . Ток здесь направлен от корпуса к выводу.

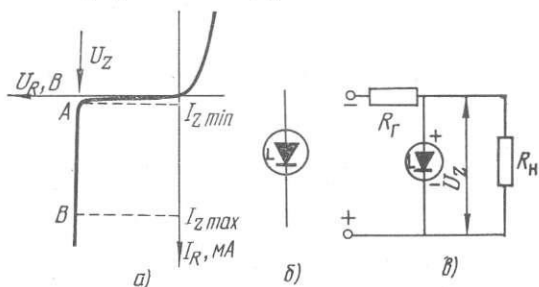


Рис. 6. Кремниевый стабилитрон:

a — вольтамперная характеристика; *б* — условное обозначение; *в* — схема включения

Полярность диодов серии ВА обозначена цветом маркировки: красным — прямая, черным — обратная. Кроме того, на корпусе указываются тип диода, год, месяц выпуска и знак предприятия. Основными параметрами выпрямительных диодов являются:

I_F — постоянный прямой ток;

I_{Fmax} — максимально допустимый постоянный прямой ток;

I_R — постоянный обратный ток;

U_{Rmax} — максимально допустимое постоянное обратное напряжение;

t_{jmax} — максимально допустимая температура перехода.

Кремниевые стабилитроны. Стабилитроны (опорные диоды) изготавливаются из кремния и служат в основном для стабилизации напряжения.

Нормальный рабочий режим стабилитронов осуществляется при пробое электронно-дырочного перехода обратным напряжением.

На рис. 6, *a* приведена примерная вольтамперная характеристика кремниевого стабилитрона, а на рис. 6, *б* и *в*, соответственно — условное обозначение и

схема его включения. Как видно из характеристики, с увеличением обратного напряжения от нулевого значения до напряжения стабилизации U_z , ток через электронно-дырочный переход возрастает незначительно, так как создается неосновными носителями зарядов. При напряжении U_z происходит пробой перехода с резким увеличением тока через него. Увеличение тока происходит по прямой AB , почти перпендикулярно оси обратных напряжений, вследствие чего дальнейший рост напряжения прекращается и напряжение на клеммах защищаемого потребителя R_H (рис. 6, в) стабилизируется. Избыток напряжения поглощается гасящим сопротивлением R_r .

Рабочей частью характеристики считается участок обратимого пробоя AB от $I_{z_{min}}$ до $I_{z_{max}}$, на котором рост обратного тока происходит за счет лавинообразного увеличения неосновных носителей зарядов. Увеличение обратного тока больше значения $I_{z_{max}}$ вызывает перегрев и необратимый пробой перехода. На участке прямого напряжения характеристика стабилитрона имеет такой же вид, как и у обычных диодов.

В автотракторном электрооборудовании стабилитроны применяются в схемах бесконтактных регуляторов напряжения и в электронных системах зажигания. Основными параметрами стабилитронов являются:

- U_z — напряжение стабилизации;
- ΔU_z — разброс величины напряжения стабилизации;
- $I_{z_{min}}$ — минимальный ток стабилизации;
- $I_{z_{max}}$ — максимально допустимый ток стабилизации;
- r_z — дифференциальное сопротивление стабилитрона и др.

3. Триоды

Устройство, типы и принцип работы транзисторов. Полупроводниковый триод (транзистор) состоит из двух полупроводниковых диодов, созданных на общей пластинке полупроводникового материала электронной или дырочной проводимости. Триоды изготавливают методом вплавления двух капель примеси в противоположные грани пластинок полупроводников, чаще германия и кремния.

В качестве примесей берутся вещества, атомы которых, проникая в толщу пластинки, создают в ней две

области с проводимостями, противоположными проводимости взятой пластинки: в полупроводниках n типа создаются две области с проводимостью p типа (рис. 7, а), а в полупроводнике p типа — две области с проводимостью n типа (рис. 7, б).

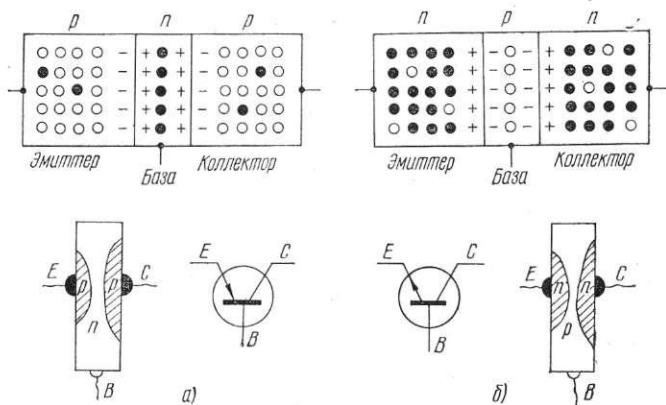


Рис. 7. Принципиальные схемы и условные обозначения транзисторов
а — $p-n-p$ типа; б — $n-p-n$ типа

В первом случае прибор называется транзистором типа $p-n-p$, а во втором — транзистором типа $n-p-n$. Транзисторы типа $p-n-p$ имеют большее распространение. На рис. 7, а и 7, б приведены также схемы устройств и условные обозначения транзисторов обоих типов.

Средняя область прибора — тонкая (не более 10—12 мкм). Пластика исходного полупроводника называется базой, а крайние области с противоположной примесью проводимостью названы: одна эмиттером (инжектирующим заряды), вторая — коллектором (собирающим заряды).

На границах областей с разной проводимостью создаются два электронно-дырочных перехода, называемые: один — между эмиттером и базой — эмиттерным, второй — между базой и коллектором — коллекторным. Эмиттер, коллектор и база имеют свои выводы, с помощью которых триод включается в схему. К эмиттерному переходу подводится напряжение в прямом (пропускном) направлении, а к коллекторному — в обратном. Другими словами, у транзисторов типа $p-n-p$ эмиттер соединяется с плюсом источника тока, а коллек-

тор — с минусом. У транзисторов типа $n-p-n$ соединение обратное.

Отдельно взятые переходы транзистора обладают всеми свойствами полупроводникового диода. В этом можно убедиться, подключая различным образом источник тока с нагрузкой R_B и R_H к эмиттерному и коллекторному переходам (рис. 8).

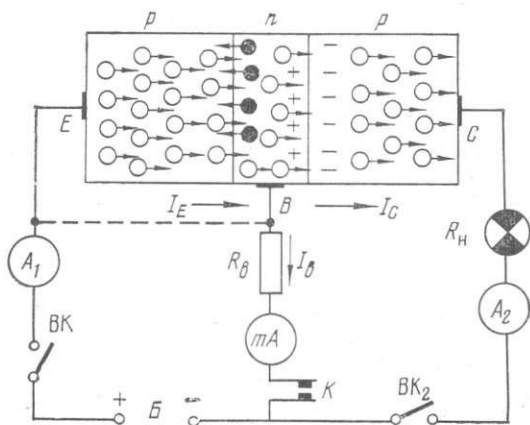


Рис. 8. Схема, поясняющая работу транзистора типа $n-p-n$ в ключевом режиме

Транзистор может одновременно проводить ток в двух направлениях с эмиттера на базу и с эмиттера на коллектор (см. рис. 8). Базовый ток I_B называется током управления, а коллекторный I_C — основным током транзистора. Базовый ток ограничивается сопротивлением R_B и имеет незначительную величину; он может идти через транзистор как при наличии, так и при отсутствии основного тока. Коллекторный (основной) ток проходит через транзистор только при наличии тока управления, который снижает сопротивление эмиттерного и коллекторного переходов транзистора до незначительной величины.

При отсутствии тока управления сопротивление транзистора составляет несколько тысяч Ом и транзистор находится в запертом для основного тока состоянии. Изменение сопротивления транзистора под действием тока управления объясняется следующим образом. Напряжение, подводимое в прямом направлении к эмиттерному переходу, вызывает поток основных носителей

зарядов (дырок) из эмиттера в базу и создает ток эмиттера I_E . В базе дырки частично рекомбинируют с электронами (основными носителями зарядов базы), в результате чего появляется ток базы I_b , так как концентрация основных носителей зарядов в эмиттере (дырок) значительно больше, чем в базе (электронов), то большая часть дырок, не успевшая рекомбинировать в базе, проникая сквозь тонкую часть базы, приближается к коллекторному $p-n$ переходу.

Коллекторный переход, работающий под обратным напряжением, имеет объемные заряды, показанные (рис. 8) знаками «+» и «-». Под действием ускоряющего электрического поля этих зарядов дырки из базы втягиваются (экстрагируются) коллектором и создают ток коллектора I_c .

Для замера эмиттерного, базового и коллекторного токов в схему (рис. 8) включены соответственно приборы A_1 , mA , и A_2 .

Между токами, идущими через транзистор, существует зависимость

$$I_E = I_b + I_c, \text{ но } I_E \gg I_b, \text{ а } I_E \approx I_c.$$

Сопrotивление транзистора прохождению токов различно. Сопrotивление короткого участка базы в направлении эмиттер-коллектор, т. е. коллекторному току I_c , весьма мало и часто не учитывается, а сопротивление базы в направлении к ее выводу, т. е. току базы I_b , достигает несколько сотен Ом. В этом направлении база подобна тонкому проводнику. Принцип действия транзистора типа $n-p-n$ аналогичен рассмотренному. В связи со сменой полярности в область базы с эмиттера инжектируются не дырки, а электроны.

Различают два основных режима работы транзисторов: режим переключения, или ключевой, и режим усиления электрических колебаний.

Режим переключения. При подаче на базу транзистора типа $p-n-p$, относительно эмиттера, небольшого отрицательного потенциала (0,3—1,0 В) транзистор полностью открывается и через его эмиттерный и коллекторный переходы проходит максимальной величины ток (рис. 8). В этом случае сопротивление эмиттерного и коллекторного переходов становится минимальным и транзистор находится в состоянии насыщения. Дальнейшее увеличение управляющего напряжения при не-

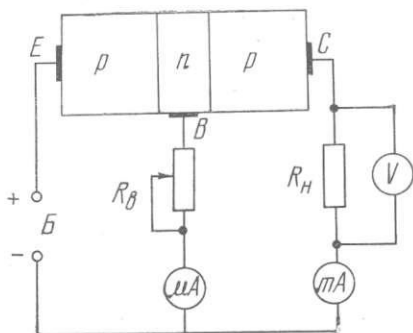


Рис. 9. Схема, поясняющая работу транзистора в усилительном режиме

изменном напряжении между эмиттером и коллектором практически не вызывает роста выходного тока.

При изменении polarity включения управляющего напряжения эмиттерный переход закрывается, базовый ток прекращается, а вместе с ним исчезает и коллекторный ток, так как при повышении потенциала

базы относительно эмиттера на $+0,2 + 1,0$ В сопротивление транзистора выходному току становится максимальным и достигает несколько тысяч Ом. Транзистор «полностью закрывается», или, как говорят, находится в состоянии отсечки.

У транзистора, работающего в режиме переключения, чередуются два устойчивых состояния — «открытое» и «закрытое». Переключение транзистора из одного состояния в другое осуществляется скачкообразным изменением управляющего напряжения или прерыванием базового тока (контактами К).

Режим усиления. Суть усилительного режима работы транзистора состоит в том, что по малым колебаниям тока в управляющей базовой цепи за счет энергии источника постоянного тока создаются мощные копии колебаний в выходной коллекторной цепи.

На рис. 9 приведена схема, поясняющая работу транзистора как усилителя. Источник тока E питает как входную (базовую), так и выходную (коллекторную) цепи. Во входной управляющей цепи включено большое переменное сопротивление R_b (до 10 кОм) с микроамперметром μA , а в выходной — сопротивление потребителя R_n (до 1 кОм) с миллиамперметром mA и вольтметром V . Изменяя при помощи реостата R_b ток управления, можно наблюдать изменение выходного тока и напряжения, подводимого к потребителю.

С увеличением тока базы на десятки микроампер ток коллектора увеличивается на сотни микроампер. Одновременно увеличивается и напряжение на потребителе. Это объясняется следующим. При увеличении

тока управления возрастает количество дырок, инжектируемых из эмиттера в базу, которые понижают сопротивление коллекторного перехода, а следовательно, и всего транзистора (сопротивления эмиттерного перехода и базы незначительны и часто во внимание не принимаются).

Напряжение источника тока в коллекторной цепи делится между сопротивлением транзистора и сопротивлением потребителя, поэтому с уменьшением сопротивления транзистора напряжение, подводимое к потребителю, повышается, одновременно увеличивается и потребляемый им ток. Таким образом, с изменением тока базы изменяется подводимое напряжение к потребителю, которое в десятки раз выше входного переменного напряжения, получаемого базой от источника колебаний, а изменение выходного коллекторного тока во много раз больше изменений тока базы. Следовательно, при данной схеме включения транзистора можно получить значительные усиления тока, напряжения и, особенно, мощности за счет энергии источника питания.

В схемах (рис. 8 и 9), поясняющих режимы работы транзистора, эмиттер является общим электродом входной и выходной цепей. Такое включение транзистора называют схемой с общим эмиттером. Эта схема позволяет пользоваться одним источником напряжения, поэтому она получила наибольшее распространение в радиотехнике и применяется в автотракторном электрооборудовании. Существуют схемы включения транзисторов с общей базой и с общим коллектором.

Основным параметром, характеризующим усилительные свойства транзистора при включении его по схеме с общим эмиттером, считается коэффициент передачи тока в режиме малого сигнала h_{21e} . Коэффициент h_{21e} показывает, во сколько раз увеличивается прирост тока коллектора по сравнению с вызвавшим его приростом тока базы при неизменном напряжении между коллектором и эмиттером.

$$h_{21e} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}.$$

Достоинством схемы с общим эмиттером является большая величина коэффициента h_{21e} , достигающая нескольких десятков.

Основными параметрами транзисторов большой мощности ($P_{max} > 1,5$ Вт), низкой частоты ($f_t \ll 3$ МГц) являются:

- I_{CBO} — обратный ток коллектора;
- h_{21E} — статический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером в режиме большого сигнала;
- P_{Cmax} — максимально допустимая мощность на коллекторе;
- U_{CBmax} — максимально допустимое напряжение между коллектором и базой;
- U_{BEmax} — максимально допустимое напряжение между базой и эмиттером;
- U_{CEmax} — максимально допустимое напряжение между коллектором и эмиттером;
- I_{Cmax} — максимально допустимый ток коллектора;
- t_{jmax} — максимально допустимая температура перехода.

Полупроводниковые приборы имеют малые размеры, экономичны в потреблении тока и долговечны. К недостаткам полупроводниковых приборов относятся: зависимость их показателей от температуры и сравнительно невысокий температурный предел надежной работы. Для германиевых приборов он не превышает 343—363 К (+70—90°C), для кремниевых — 393—423 К (+120—150°C).

II. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИБОРАМИ

1. Принцип действия генераторов переменного тока

В новых автотракторных генераторах трехфазное напряжение индуктируется в неподвижных обмотках статора, пересекаемых электромагнитным полем при вращении ротора. Электромагнитное поле создается обмотками возбуждения, питаемыми постоянным током. В зависимости от расположения обмоток возбуждения генераторы можно разделить на две группы: с вращающейся обмоткой возбуждения, питаемой через

контактные кольца и щетки; с неподвижной обмоткой возбуждения, так называемые бесконтактные генераторы.

Принципиальная схема генератора переменного тока с вращающейся (роторной) обмоткой возбуждения приведена на рис. 10. На сердечниках статора 1 закреплены

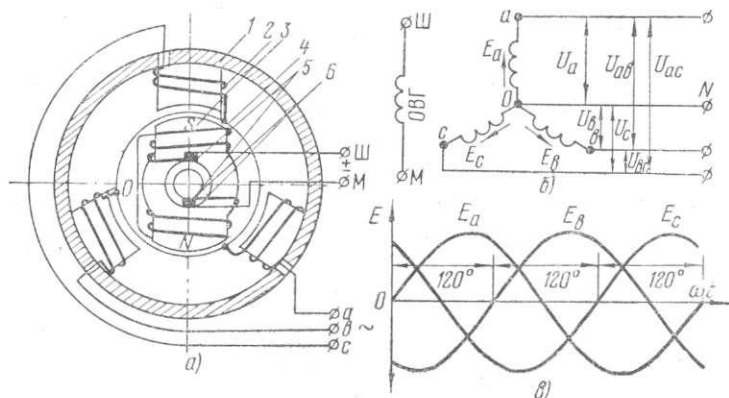


Рис. 10. Генератор трехфазного тока с вращающейся обмоткой возбуждения:

a — принципиальная схема; *б* — схема соединения обмоток статора в звезду; *в* — график напряжения

фазные катушки 2, число которых обычно кратно трем. У простейшего генератора три фазных катушки смещены одна относительно другой на угол 120° . Ротором генераторов обычно является многополюсный, а в данном случае двухполюсный электромагнит 3.

Питание обмотки возбуждения осуществляется через клеммы «Ш» и «М», щетки 5 и контактные кольца 6. Начала обмоток фазных катушек подведены к изолированным клеммам «а», «в» и «с», а концы соединены между собой кольцом 4 в общую нулевую точку, которая выводится отдельным нулевым проводом, а иногда изолируется в генераторе. Такая схема включения фазных обмоток называется соединением в звезду (рис. 10, б). При равномерной нагрузке всех фаз генератора ток в нулевом проводе N отсутствует и часто не выводится.

При вращении электромагнита витки катушек статора пересекаются магнитным полем полюсов и в каждой из фазных обмоток возникает переменная (близкая к синусоидальной) э. д. с. За один оборот двухполюс-

ного электромагнита в каждой катушке статора завершается полный цикл изменений э. д. с., причем фазы индуцируемой э. д. с. в катушках сдвинуты на угол 120° (рис. 10, в).

С увеличением числа пар полюсов электромагнита частота переменного тока (число полных циклов в секунду) пропорционально возрастает.

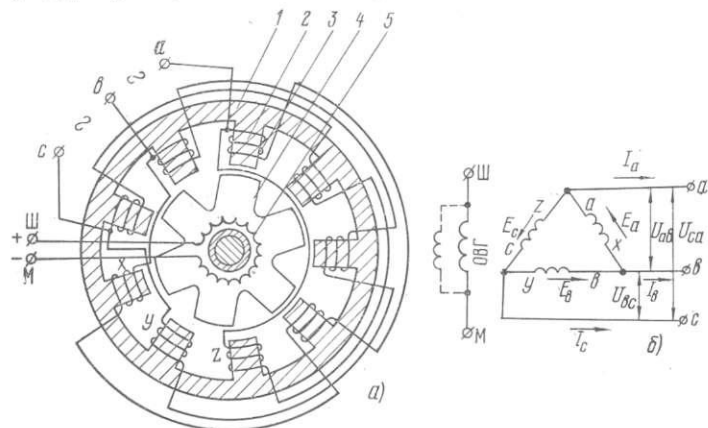


Рис. 11. Генератор трехфазного тока с неподвижной обмоткой возбуждения:

а — схема генератора; б — схема соединения обмоток статора в треугольник

В случае соединения фазных обмоток в звезду с выводом нулевого провода существует два разных напряжения. Напряжение между выводами начал фазных обмоток называется линейным U . На рис. 10, б линейные напряжения обозначены: U_{ab} , U_{ac} , U_{bc} . Напряжение между началом фазы и нулевой точкой называется фазным U_ϕ . На рис. 10, б фазные напряжения обозначены: U_a , U_b , U_c . Линейные напряжения в $\sqrt{3}$ раз больше фазных

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3} U_\phi \approx 1,73 U_\phi.$$

Схема генератора с неподвижной обмоткой возбуждения приведена на рис. 11, а. Здесь ротором является шестилучевая звездочка 4, сидящая на валу и набранная из пластин электротехнической стали.

Обмотка возбуждения 5 намотана на стальную втулку и прикреплена к крышке генератора так, что лучи звездочки ротора движутся у торца катушки возбужде-

ния. Электромагнитное поле, создаваемое во втулке обмотки возбуждения, преодолевает воздушный зазор и намагничивает лучи звездочки одноименными полюсами.

Фазные обмотки z , как и у предыдущего генератора, размещены на статоре, но не на трех, а на девяти катушках. В каждую фазу, как показано на схеме, включено последовательно по три катушки. Фазы соединены между собой последовательно, причем конец первой фазы x соединен с началом второй фазы y , конец второй фазы y — с началом третьей z , а конец третьей фазы z — с началом первой x . Три линейных провода подключаются к точкам соединения фаз. Такое включение фазных обмоток называется соединением в треугольник (рис. 11, б).

При вращении ротора магнитный поток, пронизывающий витки фазных катушек, изменяется от максимального значения (луч звездочки проходит против зубца статора) до минимального (против зубца статора проходит выемка звездочки ротора). Так как зубцов на статоре больше (на три), чем лучей на звездочке, то в любой момент смежные катушки будут пронизываться магнитными потоками различной величины. Так, при положении ротора, показанном на рис. 11, а, максимальный поток будет проходить через три катушки, соединенные последовательно. Через остальные шесть катушек будут проходить меньшие потоки, причем в трех они будут увеличиваться, а в других трех — уменьшаться. Следовательно, в трех группах катушек будет индуцироваться различная по фазе э. д. с.

Если правильно соединены фазы в треугольник, то в любой момент сумма синусоидальных фазных э. д. с. равна нулю. При этом условии ток на холостом ходу в контуре обмоток генератора будет отсутствовать. В случае неправильного включения фаз в треугольник контур фазных обмоток на холостом ходу будет нагружен очень большим током.

При равномерной, симметричной нагрузке всех линий, когда линейные токи I_a, I_b, I_c равны по величине и взаимно сдвинуты на равные углы, фазные токи в обмотках генератора будут в $\sqrt{3}$ раз меньше линейных

$$I_{\phi} = \frac{I_{\lambda}}{\sqrt{3}}.$$

Напряжения между линейными проводами по величине будут равны фазным напряжениям $U_{л} = U_{ф}$.

Генераторы повышенной мощности выпускаются с двумя обмотками возбуждения, закрепляемыми на обеих крышках. Современные автотракторные генераторы переменного тока изготавливаются со встроенными полупроводниковыми выпрямителями и питают внешние потребители и обмотку возбуждения постоянным током.

2. Выпрямители

В зависимости от числа фаз выпрямляемого переменного тока схемы выпрямителей делятся на однофазные и трехфазные. По форме выпрямленного напряжения они подразделяются на однополупериодные и двухполупериодные.

Однополупериодный выпрямитель однофазного тока показан на рис. 12, а. Выпрямительным элементом является диод. Когда к аноду диода подведен положительный потенциал, то через диод проходит прямой ток. Острые треугольника в обозначении диода указывает техническое направление тока (рис. 12, а). Во втором

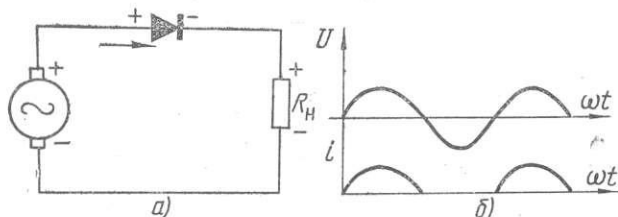


Рис. 12. Однополупериодный выпрямитель однофазного тока:

а — схема; б — графики переменного напряжения и выпрямленного тока полупериоде, когда на анод относительно катода подан отрицательный потенциал, сопротивление диода становится весьма большим и ток через него почти не идет.

На рис. 12, б показан график работы выпрямителя, из которого видно, что по цепи нагрузки идет пульсирующий через полупериод ток. Здесь мы пренебрегаем незначительным обратным током, создаваемым неосновными носителями зарядов.

Двухполупериодный выпрямитель однофазного тока показан на рис. 13, а. В этой схеме используются четыре диода, спаянные по мостовой схеме. В первый полупериод, когда к точке «а» подведен положительный по-

тенциал, а к точке «в» — отрицательный, в цепи нагрузки течет ток через вентиль B_1 , сопротивление R_H , диод B_3 (сплошные стрелки). Диоды B_2 и B_4 в этот полупериод находятся под обратным напряжением и заперты.

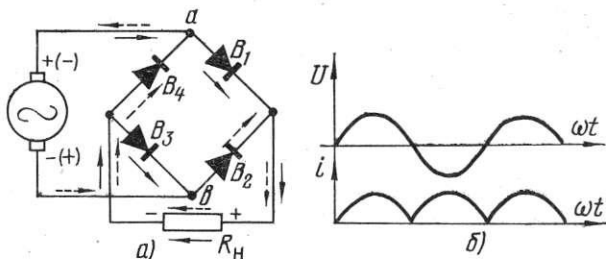


Рис. 13. Двухполупериодный выпрямитель однофазного тока:

a — мостовая схема; *б* — графики переменного напряжения и выпрямленного тока

Во втором полупериоде, когда потенциалы точек «а» и «в», поменяются на обратные, ток через нагрузку течет в том же направлении, но через диоды B_2 и B_4 . На рис. 13, б приведены графики подведенного напряжения и выпрямленного тока. Последний, изменяясь по величине, течет в одном направлении непрерывно.

Трехфазный однополупериодный выпрямитель показан на рис. 14, а. Он содержит в себе три диода B_1 , B_2 и B_3 , из которых каждый установлен в свою фазу генератора. Диоды работают на общий потребитель тока.

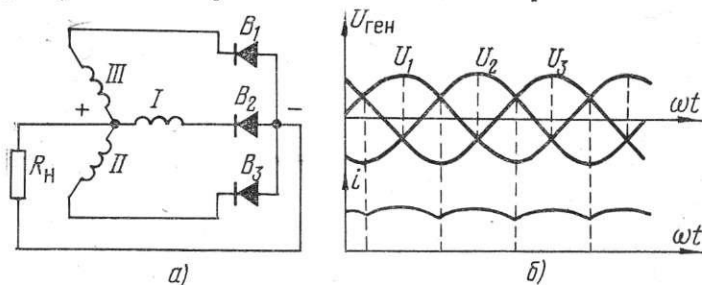


Рис. 14. Однополупериодный выпрямитель трехфазного тока:

a — схема; *б* — графики трехфазного напряжения и выпрямленного тока

В обмотках генератора индуцируется переменное, сдвинутое по фазе на 120° , напряжение. Диоды каждой фазы проводят ток только в течение $1/3$ периода, когда

их катоды имеют наименьшие отрицательные потенциалы. На рис. 14, б приведены графики фазных напряжений генератора и выпрямленного тока, амплитуда которого изменяется в течение $1/3$ периода.

Двухполупериодный выпрямитель трехфазного тока показан на рис. 15, а. Он состоит из трех пар диодов B_1, B_4 ; B_2, B_5 ; B_3, B_6 . Диоды в парах соединены последовательно. Напряжение от каждой фазы подводится к своей паре диодов через проводник, соединяющий их. Пары между собой включены параллельно и образуют

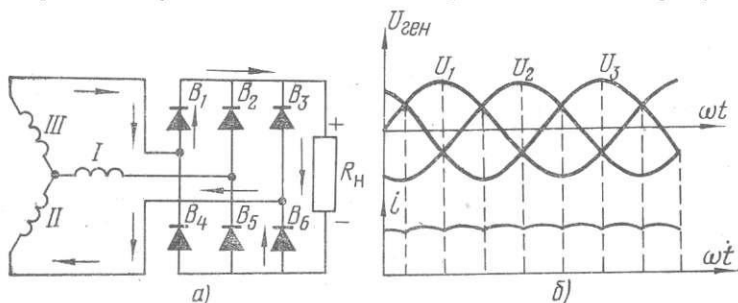


Рис. 15. Двухполупериодный выпрямитель трехфазного тока: а — мостовая схема; б — графики трехфазного напряжения и выпрямленного тока

плечи с положительным и отрицательным значениями э. д. с. Стрелками (рис. 15, а) показано движение тока через диод B_1 , потребитель R_n и диод B_6 в момент, когда к аноду B_1 от фазы III подведен наибольший положительный потенциал, а к катоду B_6 — наименьший отрицательный потенциал фазы II.

На рис. 15, б приведены графики переменных (симметричных) напряжений генератора и выпрямленного тока. Из графика видно, что выпрямленный ток изменяется в течение $1/6$ периода, а амплитуда его имеет меньшие колебания, чем у выпрямителей предыдущих типов. Поэтому трехфазные двухполупериодные выпрямители чаще используются в автотракторных генераторах переменного тока.

3. Контактно-транзисторный регулятор напряжения

Потребителям электрической энергии на тракторах и автомобилях необходимо устойчивое расчетное напряжение. Но, как известно, э. д. с. автотракторных генера-

торов пропорциональна числу оборотов ротора и величине магнитного потока

$$E = Cn \Phi_b,$$

где Φ_b — магнитный поток, создаваемый обмотками возбуждения;

n — число оборотов ротора, обеспечивающее пересечение обмоток якоря¹ магнитным потоком;

C — постоянный коэффициент, зависящий от конструкции генератора.

Напряжение генератора зависит от этих же параметров и, кроме того, от нагрузки. Когда нагрузка равна нулю (что может быть в случае питания обмотки возбуждения от постороннего источника тока), напряжение генератора равно э. д. с. С увеличением нагрузки напряжение генератора уменьшается.

Вследствие изменений оборотов ротора и нагрузки в широких пределах напряжение генератора не остается постоянным. Для поддержания заданной величины напряжения при различных скоростях вращения и нагрузке генератора применяются автоматические регуляторы напряжения. Они уменьшают среднюю величину тока в обмотках возбуждения при увеличении скорости вращения ротора и повышают ток возбуждения с ростом нагрузки. Изменение силы тока осуществляется при помощи дополнительных сопротивлений, включаемых на короткие промежутки времени в цепь обмотки возбуждения.

Электромеханические вибрационные регуляторы напряжения, применяемые в генераторах постоянного тока, имеют недостаточную работоспособность вследствие большой нагрузки контактов током возбуждения (1,5—1,8А), вызывающим их эрозийный износ.

Для регулирования генераторов переменного тока созданы контактно-транзисторные регуляторы напряжения, в которых ток в обмотку возбуждения поступает через транзистор, а контакты электромеханического реле используются только для управления транзистором.

Контактно-транзисторный регулятор напряжения (рис. 16, а) состоит из транзистора Т с сопротивлением

¹ Якорем принято называть часть генератора, в обмотках которой индуктируется э. д. с., а ту часть, обмотки которой возбуждают главный магнитный поток, называют индуктором.

в цепи базы R_{β} , дополнительного сопротивления $R_{\text{д}}$ и электромагнитного реле. Оно состоит из сердечника 5 с обмоткой ОРН, магнитопровода (ярма), неподвижного 4 и подвижного 3 контактов с якорьком 2 и оттяжной пружиной 1.

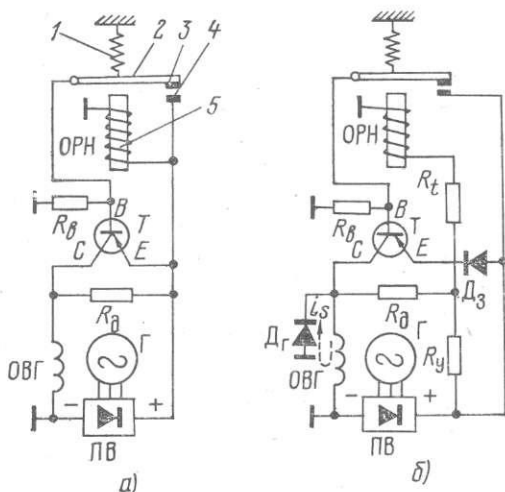


Рис. 16. Контактно-транзисторный регулятор напряжения:

а — принципиальная схема действия; *б* — схема с ускоряющим сопротивлением, сопротивлением температурной компенсации, гасящим диодом и диодом запирания

Обмотка возбуждения генератора ОВГ, обмотка регулятора напряжения ОРН и цепь управления транзистором питаются выпрямленным, с помощью выпрямителя ПВ, током генератора Г. Обмотка ОРН всегда находится под полным выпрямленным напряжением генератора, она вместе с оттяжной пружиной является чувствительным элементом регулятора. В обмотку ОВГ питание может подаваться через открытый транзистор Т или, при его закрытии, через дополнительное сопротивление $R_{\text{д}}$. Когда напряжение генератора ниже регулируемого уровня, ток в обмотке ОРН небольшой и контакты реле под действием пружины разомкнуты. В этом случае питание обмотки возбуждения в основном происходит через открытый транзистор, имеющий малое сопротивление, а ток управления, открывающий транзистор, идет через его эмиттер, базу и сопротивление R_{β} . Если напряжение генератора достигнет ре-

гулируемого уровня, ток в обмотке ОРН увеличится и сердечник, преодолев сопротивление пружины 1, замкнет контакты 3 и 4. При этом база транзистора через контакты соединится с положительной клеммой выпрямителя, ток управления прекратится и транзистор закроется. Теперь питание ОВГ осуществляется через дополнительное сопротивление R_d . Магнитный поток, а следовательно, и напряжение генератора уменьшатся. Это вызовет снижение тока в ОРН и размыкание контактов. Транзистор опять откроется, сила тока в ОВГ увеличится и напряжение генератора повысится. Далее контакты опять размыкаются и процесс регулирования повторяется.

В контактно-транзисторных регуляторах напряжения контакты электромеханического реле используются только для управления транзистором, и ток, замыкаемый ими, не превышает 0,2А. Использование транзисторов для коммутации тока позволило увеличить ток возбуждения вдвое (до 3,5А) и за счет этого повысить мощность генераторов. Разгрузка контактов от тока возбуждения исключает их обгорание.

При регулировании генератора вибрационным регулятором, включающим постоянное сопротивление в цепь обмотки возбуждения, неизбежна пульсация напряжения. Чтобы колебания напряжения не были заметны, частота вибрации якорька должна быть не менее 30 Гц. Увеличение частоты колебаний достигается искусственным повышением скорости нарастания и спада магнитного потока в сердечнике регулятора, то есть уменьшением магнитной инерции сердечника. Для этой цели применяют специальные ускоряющие сопротивления или обмотки, которые после смыкания контактов регулятора напряжения уменьшают ток в ОРН или создают встречный магнитный поток в ее сердечнике.

На рис. 16, б приведена схема с ускоряющим сопротивлением, применяемая в контактно-транзисторных регуляторах напряжения. Здесь расчетное дополнительное сопротивление состоит из двух неравных частей: большей добавочного сопротивления R_d и меньшей — ускоряющего сопротивления R_y . Ускоряющее сопротивление с сопротивлением температурной компенсации R_t включены в цепь обмотки регулятора напряжения. В эмиттерной цепи транзистора установлен диод активного запирающего D_3 . Когда напряжение на клеммах выпрямителя ниже регулируемого уровня — контакты ра-

замкнуты, — ток в обмотку возбуждения идет через диод запираия и открытый транзистор. При увеличении напряжения до регулируемого уровня — контакты замыкаются — через них на базу транзистора подается положительный потенциал, который будет выше потенциала эмиттера на величину падения напряжения на диоде запираия. Происходит активное запираие транзистора, которое необходимо для германиевых приборов в условиях повышенных температур. Без активного запираия может произойти потеря тепловой устойчивости транзистора и лавинообразное повышение коллекторного тока, выводящее прибор из строя.

При запираии транзистора в цепь ОВГ включаются ускоряющее R_y и добавочное R_d сопротивления. Напряжение генератора снижается, и в обмотку регулятора ОРН через сопротивления R_y и R_t идет меньший ток. При этом через ускоряющее сопротивление проходят два тока: ток обмотки возбуждения и ток обмотки регулятора напряжения. Это вызывает повышенное падение напряжения на ускоряющем сопротивлении, а, следовательно, на концах обмотки ОРН напряжение резко снижается, вследствие чего ток в обмотке ОРН и намагничивание сердечника уменьшатся и контакты быстрее разомкнутся. Для подтверждения сказанного выразим напряжение на обмотке ОРН при разомкнутых и замкнутых контактах как разность между напряжением генератора U_r и падением напряжений на сопротивлениях R_y и R_t , тогда

$$U_{\text{ОРН}}^{\text{раз}} = U_r - U_t - I_{\text{ОРН}} \cdot R_y,$$

$$U_{\text{ОРН}}^{\text{зам}} = U_r - U_t - I_{\text{ОРН}} \cdot R_y - I_{\text{ОВГ}} \cdot R_y.$$

Сравнивая полученные величины напряжений, видим, что при замыкании контактов регулятора в обмотке ОРН напряжение падает скачкообразно на величину $I_{\text{ОВГ}} \cdot R_y$. Следовательно, контакты быстрее разомкнутся, и частота вибрации якорька повысится.

При повышении температуры ОРН сопротивление ее медного провода увеличится, ток в ней уменьшится и контакты замкнутся при повышенном напряжении, т. е. регулируемое напряжение повысится.

Чтобы частично компенсировать изменение регулируемого напряжения, вызываемого колебаниями темпе-

ратуры, в цепь ОРН включают значительной величины сопротивление R_7 , изготавливаемое из нихрома или константана, которое почти не изменяет своего омического сопротивления при нагревании или охлаждении.

Гасящий диод D_7 , установленный параллельно обмотке возбуждения, предохраняет транзистор от повреждения токами э. д. с. самоиндукции, возникающими в ОБГ в момент спада магнитного потока при включении дополнительных сопротивлений. Ток самоиндукции i_3 возвращается обратно в обмотку возбуждения через гасящий диод.

4. Бесконтактный транзисторный регулятор напряжения

Регуляторы напряжения с электромеханическими реле недостаточно надежны и долговечны вследствие износа и загрязнения контактов. Они требуют частой регулировки, так как упругость пружины, форма контактов и зазор между ними непрерывно изменяются. Бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения не имеют таких недостатков.

Принцип регулирования напряжения генератора бесконтактным регулятором такой же, как у контактно-транзисторного, но бесконтактный регулятор не имеет электромеханического вибрационного механизма, который заменен электронными приборами. Принципиальная схема бесконтактного регулятора напряжения с генератором постоянного тока показана на рис. 17.

Чувствительным элементом к величине напряжения генератора является стабилитрон СТ, отрегулированный с помощью сопротивления R_1 на пробой при заданном напряжении. Стабилитрон установлен в цепи базы транзистора T_1 и управляет его работой. Транзистор T_1 управляет транзистором T_2 , коммутирующим ток возбуждения генератора. Если напряжение генератора ниже заданного уровня, стабилитрон закрыт и, следовательно, закрыт транзистор T_1 . Ток управления, открывающий транзистор T_2 , проходит от «+» генератора на «—» через сопротивление R_2 , а ток ОБГ идет через эмиттерный и коллекторный переходы транзистора и частично через включенное параллельно ему добавочное сопротивление R_3 .

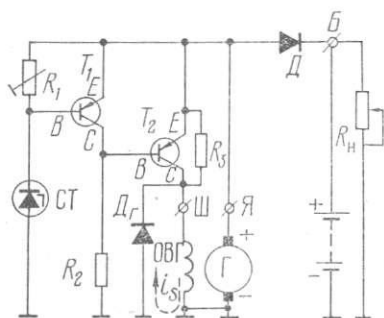


Рис. 17. Принципиальная схема транзисторного регулятора напряжения

тор T_2 открывается. Цикл регулирования повторяется.

Диод D , обладавая односторонней проводимостью, защищает генератор от тока аккумуляторной батареи.

5. Электронные системы зажигания

Причины создания и классификация. С увеличением степени сжатия двигателей возрастают пробивные напряжения в зазорах запальных свечей. Для степеней сжатия $\epsilon = 7-7,5$ необходимо пробивное напряжение на рабочих режимах 12—14 тыс. В, а на пусковых — 16—18 тыс. В. Для $\epsilon = 8,5-10$ соответственно необходимы напряжения 13—15 и 18—20 тыс. В.

Рабочее напряжение, развиваемое системой зажигания, должно превышать пробивное не менее чем в 1,5 раза. В случае применения системы батарейного зажигания с механическим прерывателем тока на современных высокооборотных многоцилиндровых двигателях это требование не выполняется.

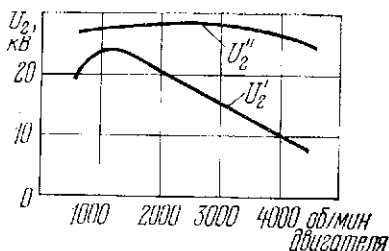
На восьмицилиндровых двигателях ГАЗ-53 и ЗИЛ-130 батарейная система зажигания дает превышение рабочего напряжения над пробивным всего на 20—35%. При этом оно достигается за счет значительной токовой перегрузки контактов прерывателя, вследствие чего контакты выходят из строя после 30—40 тыс. км пробега автомобиля.

Изменение напряжения во вторичной цепи для батарейной U_2' и транзисторной U_2'' систем зажигания, в

Когда напряжение достигаемого регулируемого уровня, происходит обратный пробой стабилитрона, транзистор T_1 открывается и соединяет базу транзистора T_2 с «+» генератора. Транзистор T_2 запирается, и ток в ОВГ идет только через сопротивление R_3 . Вследствие этого понижается напряжение генератора и опять запираются стабилитрон и транзистор T_1 , а транзистор

Рис. 18. Зависимость вторичных напряжений систем зажигания от числа оборотов двигателя:

U_2' — вторичное напряжение, развиваемое системой батарейного зажигания;
 U_2'' — вторичное напряжение, развиваемое электронной системой зажигания



зависимости от скорости вращения коленчатого вала шестицилиндрового двигателя, показано на рис. 18. Применение транзисторного зажигания позволяет получить большие значения выходных напряжений U_2'' на пусковых, средних и особенно больших оборотах вращения коленчатого вала.

В настоящее время в СССР и за рубежом разработано много различных схем зажигания с применением полупроводниковых приборов, которые называются электронными системами зажигания. По способу управления моментом искрообразования их делят на два класса: с контактным управлением и бесконтактным управлением.

В каждом из названных классов выделяют две основные группы, отличающиеся способом накопления энергии: системы зажигания с накоплением энергии в индуктивности и системы зажигания с накоплением энергии в емкости и последующей передачей ее в катушку зажигания (тиристорные системы).

Наша промышленность выпускает для грузовых автомобилей электронные системы зажигания с контактным управлением и накоплением энергии в индуктивности, а для газовых двигателей и газомотокомпрессоров контактно-тиристорные системы.

Принцип действия контактно-транзисторной системы зажигания. Принципиальная схема контактно-транзисторной системы зажигания с накоплением энергии в индуктивности приведена на рис. 19. Основное отличие ее от схемы системы батарейного зажигания состоит в том, что здесь для размыкания первичной цепи используется транзистор Т. Эмиттерный Е и коллекторный С выводы транзистора включены последовательно в цепь первичной обмотки W_1 индукционной катушки. Контакты прерывателя Пр включены в цепь базы транзистора и максимально разгружены по току. При за-

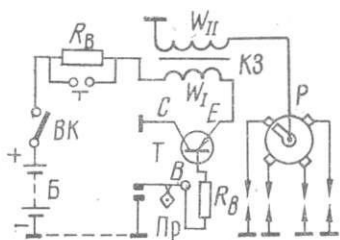


Рис. 19. Принципиальная схема контактно-транзисторной системы зажигания

мыкании контактов прерывателя к эмиттерному переходу подводится напряжение в прямом (проходном) направлении. Следовательно, транзистор открывается и через его эмиттерный переход, базу, сопротивление $R_{в}$ и контакты идет ток управления, а через эмиттерный и коллекторный переходы — основной ток. Оба эти тока в сумме составляют ток первичной обмотки W_1 катушки зажигания КЗ.

При размыкании контактов прекращается ток управления, транзистор «запирается», и ток в первичной обмотке индукционной катушки исчезает. Во вторичной обмотке W_2 индуцируется э. д. с. высокого напряжения, которая подводится к свечам через распределитель Р.

При размыкании цепи низкого напряжения в первичной обмотке катушки наводится э. д. с. самоиндукции, которая нагружает транзистор. Величина э. д. с. самоиндукции может превысить максимально допустимые напряжения для транзисторов. Поэтому для защиты транзисторов от перенапряжений и пробоя э. д. с. самоиндукции применяются различные цепи защиты (см. гл. IV).

Применение контактно-транзисторных систем зажигания позволяет:

получить большие выходные напряжения за счет увеличения силы тока в первичной обмотке и уменьшить электрическую нагрузку контактов прерывателя;

увеличить зазор между электродами свечей до 0,85—1,0 мм, что дает возможность работать на обедненных рабочих смесях и за счет этого уменьшить токсичность выхлопных газов;

облегчить пуск и увеличить надежность работы двигателя на малых и больших оборотах;

увеличить долговечность контактов прерывателя;

уменьшить средние эксплуатационные расходы топлива.

III. КОНСТРУКЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРОВ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРИБОРАМИ

1. Классификация и характеристика генераторов переменного тока

На современные отечественные автомобили ставятся генераторы переменного тока с вращающейся обмоткой возбуждения, а на тракторах — с неподвижной обмоткой возбуждения.

Генераторы, устанавливаемые на автомобилях, изготавливаются в открытых вентилируемых корпусах, а тракторные, в связи с работой в запыленной атмосфере, выпускаются в закрытых корпусах.

Оба типа генераторов имеют закрытые подшипники, не требующие смазки в процессе эксплуатации. Наиболее долговечны бесконтактные генераторы, у которых срок службы зависит главным образом от работоспособности подшипников и прочности изоляции обмоток.

Щеточный узел генераторов с вращающейся обмоткой изнашивается незначительно, так как через щетки и хорошо обработанные контактные кольца идет небольшой ток возбуждения.

Типовым генератором с вращающейся обмоткой возбуждения является Г-250, который с небольшими конструктивными изменениями устанавливается на многих марках автомобилей. Они применяются на автомобилях ГАЗ-53А и «Москвич-412» с контактно-транзисторным реле-регулятором типа РР-362. Генератор типа Г-250 с бесконтактным электронным регулятором РР-350 используется на автомобилях ЗИЛ-130 и ГАЗ-24 «Волга».

На тракторах ХТЗ класса 0,6 т и самоходном шасси Т16-М применяется закрытый бесконтактный генератор Г-302Б, на тракторах ЧТЗ класса 6 т — генератор Г-305, а на тракторах МТЗ класса 1,4 т — генератор Г-304А1. Все тракторные генераторы работают с контактно-транзисторным реле-регулятором РР-362Б, который в отличие от реле-регулятора РР-362 имеет переключатель сезонной регулировки.

Бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения по сравнению с контактно-транзисторными регуляторами имеют большую долговечность, надежность и

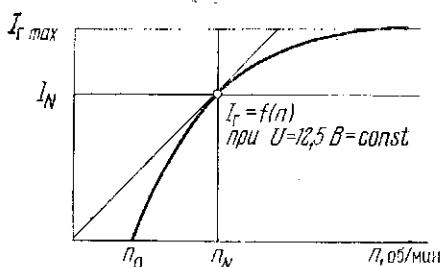


Рис. 20. Характеристика генератора с самоограничением тока

лучшую стабильность работы, так как они не имеют механических элементов и не требуют регулировки во время эксплуатации. В будущем планируется разработка бесконтактных регуляторов напряжения для тракторных генераторов. Сейчас новые автотракторные генераторы имеют встроенные кремниевые выпрямители, которые, кроме основного своего назначения, выполняют функцию реле обратного тока. Большинство новых трехфазных генераторов работает без ограничителей тока, так как они обладают свойством самоограничения отдаваемого тока. Самоограничение достигается за счет подбора (увеличения) числа витков обмоток статора.

На рис. 20 приведена характеристика $I_T = f(n)$ генератора с самоограничением тока. На характеристике показаны начальные обороты генератора n_0 , при которых достигается расчетное напряжение 12,5 В на холостом ходу. С увеличением оборотов генератора до n_N наблюдается быстрый рост тока до номинального значения I_N . Но при дальнейшем повышении оборотов генератора рост тока замедляется (кривая тока становится полой). Замедление роста тока объясняется увеличением индуктивного сопротивления обмоток статора при повышении частоты переменного тока. Частота, как известно, пропорциональна числу оборотов генератора.

Предельное значение тока $I_{T \max}$ достигается на больших оборотах ротора, при которых обеспечивается хорошее охлаждение генератора за счет увеличенной подачи воздуха вентилятором. Поэтому работа генераторов с максимальным током допустима, так как не приводит к перегреву.

Достоинством генераторов с самоограничением тока является уменьшение начальных оборотов n_0 холостого хода, что способствует улучшению зарядки аккумуляторной батареи при езде на малых оборотах двигателя.

Номинальный ток и начальные обороты генератора могут быть определены по характеристике с помощью

касательной, проведенной из начала координат к кривой тока. Точка касания соответствует указанным значениям I_N и n_N .

2. Генераторы Г-304А1 и Г-305 с реле-регулятором РР-362Б

Генератор Г-304А1 — это закрытая бесконтактная трехфазная одноименнополюсная индукторная машина с двухсторонним электромагнитным возбуждением. Он устанавливается на тракторах «Беларусь» с 1970 года. Номинальная мощность генератора 250 Вт, номинальный ток 20 А.

Основными частями генератора (рис. 21) являются: статор 11, ротор 4, две крышки 10 и 12, две катушки возбуждения 2 (по 800 витков каждая, провод ПЭВ-2 диаметром 0,62 мм), намотанные на стальные втулки 3, и выпрямитель, размещенный в корпусе 8.

На статоре, собранном из листов электротехнической стали, с внутренней стороны на девяти зубцах-сердечниках надеты катушки трехфазной обмотки (по 18 витков в катушке, провод ПЭВ-2 диаметром 1,55 мм). Каждая фаза состоит из трех катушек, включенных последовательно. Фазы соединены в звезду. Концы фаз выведены к трем контактным болтам клеммной колодки задней крышки, а от них — к выпрямителю. Начала фаз соединены вместе в нулевую точку и изолированы.

Ротор представляет собой шестилучевую звездочку, набранную из пластин электротехнической стали и насаженную на вал.

Вал вращается в двух радиальных закрытых шарикоподшипниках, размещенных в крышках. На переднем конце вала с помощью шпонки и гайки закреплен приводной шкив 7 с вентилятором 6.

Катушки возбуждения прикреплены к крышкам так, что их торцы находятся в непосредственной близости с торцами шестилучевой звездочки ротора.

Трехфазный двухполупериодный выпрямитель генератора собран из шести диодов типа ВА-10 (или ВКЗ-10), из которых три диода «прямой» полярности проводят ток от вывода к корпусу, а три диода «обратной» полярности проводят ток от корпуса к выводу. Диоды «обратной» полярности запрессованы в корпус выпрямителя, выполненный с охлаждающими пластинами из сплава АЛ-9,

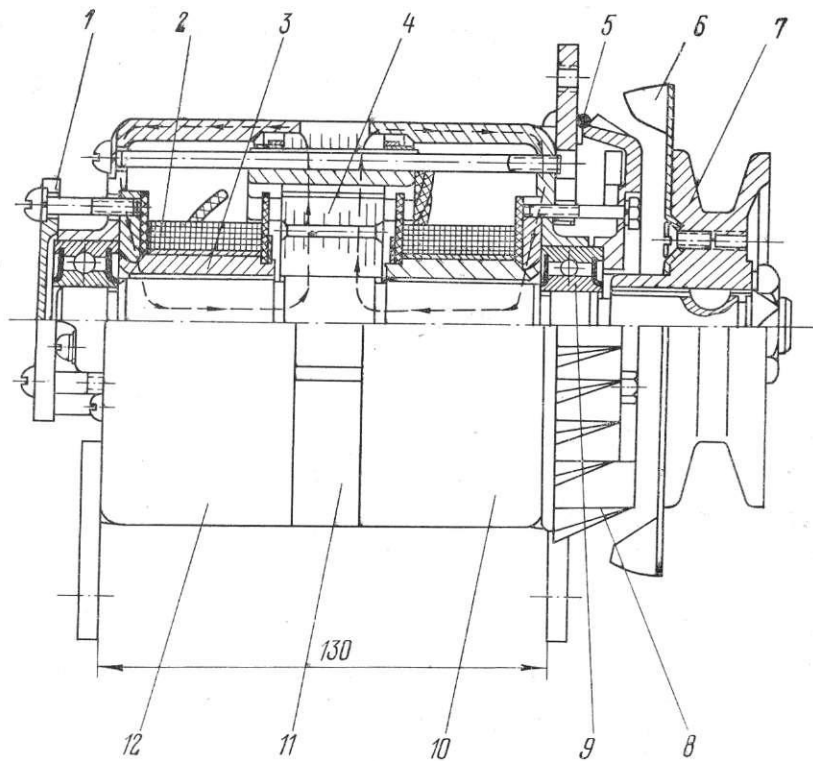


Рис. 21. Генератор Г-304А1

а диоды «прямой» полярности запрессованы в теплоотвод, прикрепленный к корпусу тремя винтами через изолирующие детали. Выводы диодов «прямой» и «обратной» полярностей попарно соединены между собой и с концами фазных обмоток.

Корпус выпрямителя крепится тремя винтами к передней крышке генератора и уплотняется резиновым кольцом 5.

К задней крышке генератора прикреплены две клеммные колодки. На одной колодке имеются клеммы «В», «Ш» и «М» (масса). С клеммой «В» соединен теплоотвод прямой полярности, с клеммой «Ш» — начало обмоток возбуждения, а с клеммой «М» — концы их. Два контактных болта второй колодки, обозначенные «~», используются для блокировки стартера после заводки двигателя. Задний подшипник закрыт дополнительной крышкой-щитком 1, на которой выбиты марка, номинальное напряжение и мощность генератора, дата выпуска, клеймо завода и ГОСТ.

Когда в обмотки возбуждения поступает постоянный ток, то создаются магнитные потоки катушек (рис. 21), которые намагничивают лучи звездочки ротора одноименными полюсами. Магнитные потоки замыкаются, проходя через втулки 3, воздушный зазор между ними и валом ротора, ротор 4, воздушный зазор между лучами ротора и зубцами статора, зубцы и корпус статора, крышки генератора и специальные толстостенные шайбы.

При вращении ротора магнитный поток пересекает витки фазных катушек, изменяясь от максимального значения (луч звездочки проходит против зубца статора) до минимального (против зубца статора проходит выемка звездочки ротора), и наводит в катушках переменную э. д. с.

В 1971 г. созданы унифицированные генераторы типа Г-304, которые предназначены для установки на многие модели тракторов. Эти генераторы отличаются только размерами шкивов, позволяющими получать нужные обороты от различных приводов.

По буквам, выбитым в конце маркировки (Г-304А1, Г-304Б1), определяют применяемость генератора для того или иного двигателя.

На унифицированных генераторах, предназначенных для тракторов «Беларусь», сохранена прежняя маркировка — Г-304А1. Внешне унифицированный генератор

отличается от описанного выше по величинам мощности и напряжения, выбитых на шильдике.

Унифицированный генератор развивает мощность 400 Вт, отдавая ток 28,5 А при напряжении 14В и скорости вращения ротора 3600—4000 об/мин. Он имеет другие обмоточные данные. Катушки статора содержат по 26 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,4 мм. Обмотки возбуждения имеют по 820 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,62 мм.

Сопrotивление одной обмотки $7,5 \pm 0,5$ Ом. Три катушки каждой фазы соединены последовательно. Фазы соединены в треугольник.

Генератор Г-305 по конструкции подобен генератору Г-304А1 и отличается от него повышенной мощностью, количеством витков, диаметром провода обмоток возбуждения и якоря.

Катушки фазных обмоток статора Г-305 имеют по 13 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,95 мм, а катушки обмоток возбуждения по 1000 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,72 мм. Фазные обмотки соединены в звезду. Три клеммы с выводами фазных обмоток этого генератора используются для питания асинхронного моторчика вентилятора кабины.

Тракторные бесконтактные генераторы переменного тока могут возбуждаться без аккумуляторной батареи при выключенной внешней нагрузке.

Реле-регулятор РР-362Б (рис. 22) состоит из двух электромагнитных элементов: регулятора напряжения РН и реле защиты РЗ. Они помещаются в уплотненном отсеке прибора на панели, под которой расположены сопротивления. Транзистор Т с латунным теплоотводом и диоды D_3 и D_4 расположены в вентилируемом отсеке. Воздух для их охлаждения проходит через жалюзи крышки. Электромеханические элементы регулятора напряжения и реле защиты устроены аналогично ранее выпускаемым вибрационным элементам реле-регуляторов. Контакты обоих реле серебряные, в нерабочем состоянии разомкнуты.

Регулятор напряжения предназначен для поддержания напряжения генератора в заданных пределах. Чувствительным органом к напряжению генератора является основная обмотка ОРН, намагничивающая сердечник и притягивающая якорек.

При включении выключателя «массы» ВМ замыкается цепь обмотки возбуждения генератора ОВГ, о чем

свидетельствует загорание контрольной лампочки ЛК. В этом случае сначала течет ток базы транзистора по цепи: положительная клемма аккумуляторной батареи, амперметр, предохранитель, клемма «В», диод D_3 , эмиттер и база транзистора, сопротивления R_0 , корпус реле регулятора, масса трактора, минусовая клемма аккумуляторной батареи. Транзистор открывается и

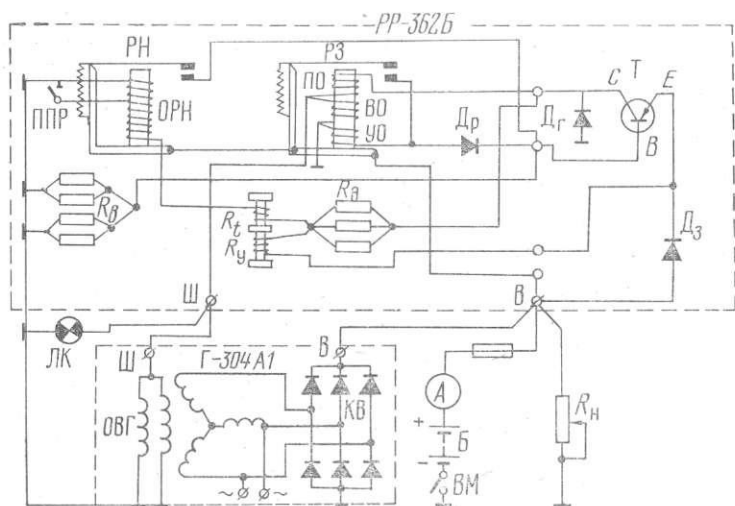


Рис. 22. Схема генератора переменного тока Г-304А1 с контактно-транзисторным реле-регулятором РР-362Б

проводит ток в обмотку возбуждения по цепи: положительная клемма аккумуляторной батареи, амперметр, предохранитель, диод запирающий, эмиттерный и коллекторный переходы транзистора, последовательная обмотка ПО реле защиты, клеммы «Ш» реле-регулятора и генератора, обмотка возбуждения генератора ОВГ, корпуса генератора, двигателя и трактора, минусовая клемма аккумуляторной батареи. Генератор возбуждается, по его обмотке течет значительной (до 3,5 А) величины ток, создающий сильное магнитное поле, которое обеспечивает рабочее напряжение генератора при небольших оборотах двигателя. Когда напряжение генератора превышает напряжение аккумуляторной батареи, обмотка возбуждения питается выпрямленным током генератора.

Обмотка регулятора напряжения ОРН все время

находится под напряжением генератора. Ток в нее течет по цепи: клемма «В» генератора (выпрямителя), клемма «В» реле-регулятора, диод запирающего, ускоряющее сопротивление R_y , сопротивление температурной компенсации R_t , обмотка ОРН, корпусы регулятора и генератора («—» выпрямителя).

При работе двигателя на малых оборотах, когда напряжение генератора меньше регулируемого значения, ток обмотки ОРН не создает достаточной намагничивающей силы и контакты регулятора под действием пружины разомкнуты. С увеличением оборотов ротора возрастает напряжение генератора, а следовательно, и сила тока в обмотке ОРН. Когда напряжение генератора достигает регулируемых пределов (13,2—15,2 В), ток обмотки ОРН намагничивает сердечник настолько, что последний, преодолевая сопротивление пружины, притягивает якорек и замыкает контакты. Через замкнутые контакты на базу транзистора подается положительный потенциал для его запирающего. Цель запирающего следующая: положительная клемма «В» генератора, клемма «В» регулятора, ярмо реле защиты, ярмо регулятора напряжения, контакты РН, база транзистора. При этом потенциал на базе будет выше потенциала эмиттера на величину падения напряжения на диоде D_3 , и транзистор «запирается», т. е. ускоренному запирающему транзистора способствует не только прекращение тока базы, но и появление незначительного «запирающего» тока противоположного направления. После «запирающего» транзистора ток в обмотку возбуждения генератора идет через добавочное сопротивление R_d и ускоряющее сопротивление R_y по цепи: положительная клемма «В» генератора, клемма «В» регулятора, диод D_3 , ускоряющее сопротивление R_y , добавочные сопротивления R_d , последовательная обмотка ПО реле защиты, клеммы «Ш» реле-регулятора и генератора, обмотка возбуждения, масса, минусовая клемма генератора. При этом ток в обмотке возбуждения уменьшается, напряжение генератора снижается. Это вызывает уменьшение тока в обмотке ОРН. Намагничивание сердечника ослабевает, и контакты под действием пружины размыкаются. Транзистор вновь «открывается», напряжение повышается, и описанный процесс повторяется. Таким образом, регулирование напряжения при данном скоростном режиме и нагрузке генератора осуществляется за счет частых (не менее 30—40 раз в секунду)

включений и выключений добавочных сопротивлений в цепь обмотки возбуждения.

Ускоряющее сопротивление R_y увеличивает частоту включений и выключений добавочных сопротивлений и этим уменьшает амплитуду колебания напряжения генератора, а следовательно, и изменение светового потока ламп.

На различных скоростных и нагрузочных режимах генератора постоянно регулируется напряжение обеспечивается за счет автоматического изменения продолжительности времени «запертого» и «открытого» состояний транзистора. При увеличении оборотов время «запертого» состояния транзистора увеличивается, а «открытого» — уменьшается. А это значит, что в обмотку возбуждения дополнительные сопротивления включаются на более длительный период и средняя величина тока обмотки возбуждения уменьшается.

Гасящий диод D_r , установленный в схеме параллельно обмотке возбуждения, предохраняет транзистор от перенапряжения и пробоя токами самоиндукции, возникающими в обмотке возбуждения в момент резкого спада тока в ней при включении добавочных сопротивлений, а также при закорачивании ее на массу. Ток самоиндукции течет по цепи: обмотка возбуждения, массы генератора и реле-регулятора, диод D_r , последовательная обмотка реле защиты, обмотка возбуждения.

Сопротивление температурной компенсации R_t служит для частичного уменьшения роста регулируемого напряжения при увеличении температуры обмотки регулятора напряжения. Сопротивление изготовлено из нихрома и включено последовательно в цепь обмотки регулятора напряжения. Сопротивления R_t и R_y намотаны в виде катушки на диамагнитный сердечник.

Реле защиты предназначено для предохранения транзистора от разрушения большими токами в случае короткого замыкания обмотки возбуждения генератора на массу. На сердечнике РЗ имеются три обмотки: последовательная ПО, встречная ВО и удерживающая УО.

Встречная обмотка намотана в противоположную сторону последовательной обмотке и одним концом соединена с ней, а вторым — с массой, т. е. включена параллельно обмотке возбуждения генератора. Если в обмотке возбуждения нет короткого замыкания, то ток, пройдя последовательную обмотку, разветвляется

на две части: одна часть идет в обмотку возбуждения, вторая — во встречную обмотку. Затем обе части тока по массе возвращаются к источнику. Ток последовательной обмотки намагничивает сердечник, а ток встречной обмотки размагничивает его, поэтому результирующий магнитный поток будет небольшим и контакты остаются разомкнутыми. В этом случае в удерживающей обмотке, соединенной одним концом с изолированным контактом РЗ и с базой транзистора через разделительный диод D_p , а вторым концом — с массой, тока не будет, так как контакты разомкнуты и разделительный диод стоит в непроходном для тока положении.

При замыкании клеммы «Ш» на массу соединяется второй конец встречной обмотки с массой и ток в ней прекращается. Ток последовательной обмотки силой в 3,2—3,6 А намагничивает сердечник и, притягивая якорек, замыкает контакты. База транзистора соединяется с положительным потенциалом источника тока через ярмо, замкнутые контакты РЗ и разделительный диод. Транзистор «запирается», в цепь обмотки возбуждения включаются сопротивления, ограничивающие ток замыкания до 0,3 А. Одновременно через ярмо и замкнутые контакты РЗ подается ток в удерживающую обмотку, которая намагничивает сердечник и держит контакты в замкнутом состоянии до выключения массы и последующего устранения короткого замыкания обмотки возбуждения.

Разделительный диод, кроме указанного выше назначения, предохраняет реле защиты от «ложного» срабатывания во время действия регулятора напряжения. При замыкании контактов регулятора напряжение на базу транзистора подается запирающий положительный потенциал, который не проходит через разделительный диод в удерживающую обмотку.

Переключатель сезонной регулировки ППР служит для изменения регулируемого напряжения на 0,8—1,2 В в соответствии с требованиями эксплуатации.

На зимний период устанавливают повышенное напряжение генератора для лучшей зарядки аккумуляторов. Переход на зимнее регулируемое напряжение производится с наступлением устойчивых отрицательных температур окружающего воздуха. Увеличение напряжения осуществляется специальным контактным винтом, который ввертывают отверткой до упора, чем

и закорачивают часть обмотки регулятора напряжения ($R=2,5 \text{ Ом}$) на массу. Намагничивающее действие обмотки ОРН снижается, а, следовательно, замыкание контактов регулятора происходит при более высоком напряжении.

По контрольной лампе ЛК, включенной параллельно обмотке возбуждения генератора, проверяют исправность генераторной установки перед пуском. При включении массы аккумуляторной батареи ток в лампу идет следующим путем: плюсовая клемма аккумуляторной батареи, амперметр, предохранитель, клемма «В» регулятора, диод запирания, эмиттерный и коллекторный переходы транзистора, последовательная обмотка реле защиты, клемма «Ш» реле-регулятора, контрольная лампа, масса, выключатель массы, минусовая клемма батареи. После заводки двигателя контрольная лампа на тракторах МТЗ-50Л и МТЗ-52Л горит с меньшим накалом (пригасает), так как при работе регулятора напряжения включаются дополнительные сопротивления в цепь, питающую обмотку возбуждения и контрольную лампу. На тракторах МТЗ-50, МТЗ-52 и МТЗ-50Х после пуска двигателя контрольная лампа гаснет, так как она включена через контакты реле-блокировки стартера (рис. 32). После остановки двигателя контрольная лампа загорается полным накалом и служит сигналом для выключения массы аккумуляторной батареи. За исправностью работы генератора и зарядкой аккумуляторной батареи следят по амперметру.

В настоящее время для регулирования напряжения автомобильных генераторов типа Г-250 выпускаются реле-регуляторы РР-362А. В них сопротивление базы транзистора выполнено из провода, намотанного на барабанчик, и применен гасящий диод КД202Г.

В контактно-транзисторных реле-регуляторах применяют следующие марки полупроводниковых приборов: транзисторы П217, П217В, П4БЭ; диод запирания Д242; диоды гасящие Д242, КД202Г; диоды разделительные Д22Б, Д7Б.

3. Генератор Г-302Б с реле-регулятором РР-362Б

Генератор Г-302Б — это закрытая, трехфазная, бесконтактная одноименнополюсная машина с односторонним электромагнитным возбуждением и встроенным выпрямителем.

Номинальная мощность генератора 180 Вт, номинальный ток 15 А. Генератор Г-302Б устанавливается на двигателях Д-21 (воздушного охлаждения) в воздухоудувном аппарате. В отличие от генератора Г-304А1 он имеет (рис. 23, а):

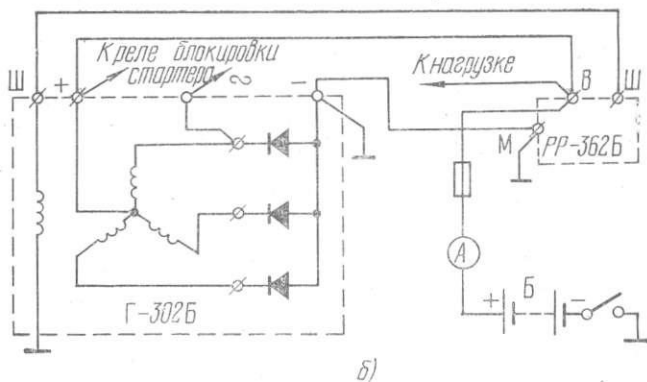
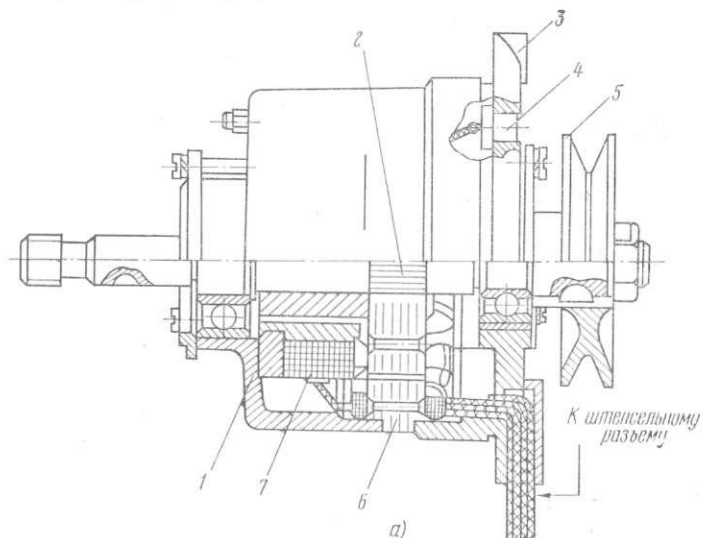


Рис. 23. Генератор Г-302Б:

а — устройство; б — схема включения

катушку возбуждения 7, которая размещена на стальной втулке и прикреплена к задней стальной крышке 1. Катушка содержит 570 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,83 мм;

однополупериодный трехфазный выпрямитель, состоящий из трех кремниевых диодов 4 «обратной» полярности;

штепсельный разъем ШР-20 для соединения выходных проводов генератора с реле-регулятором и потребителями.

Девять катушек статора 6 имеют по 28 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,12 мм. В каждую фазу включено последовательно по три катушки, фазы соединены в звезду (рис. 23, б). Нулевая точка, подведенная и припаянная к клемме штепсельного разъема, служит плюсовым выводом генератора. Концы фаз припаяны к выводам диодов выпрямителя. Кроме того, одна из фаз («~») выведена к штепсельному разъему для подключения (вместе с клеммой «+») реле блокировки стартера.

Вал шестилучевого ротора 2 (рис. 23, а) вращается в двух закрытых подшипниках, не требующих во время эксплуатации добавления и замены смазки. На переднем конце вала закреплен приводной шкив 5, а на заднем — ротор вентилятора.

Передняя крышка 3, отлитая из алюминиевого сплава АЛ-9, имеет три отверстия для фланцевого крепления генератора в направляющем аппарате вентилятора. Она также служит радиатором для запрессованных в нее диодов выпрямителя.

На рис. 23, б показано подключение генератора к реле-регулятору и потребителям.

4. Генератор Г-250И1 с регулятором напряжения РР-350А

Генератор Г-250И1 с транзисторным реле-регулятором РР-350А устанавливается на автомобилях ЗИЛ-130. Номинальная мощность генератора 350 Вт, напряжение 12 В.

Основными частями генератора (рис. 24) являются: статор 12, ротор, собранный на валу 7, две крышки 1 и 10, шкив 8, вентилятор 5 и выпрямительный блок 13 типа ВБГ-1.

Статор состоит из листов электротехнической стали, с внутренней стороны он имеет пазы, в которых закреплено восемнадцать катушек фазных обмоток. Катушки содержат по 13 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,35—1,46 мм. В каждую фазу включено последователь-

но шесть катушек. Фазы соединены в звезду (рис. 25). Концы фаз спаяны вместе, а начала подведены к выпрямительному блоку.

Ротор генератора (рис. 24) состоит из катушки возбуждения 6, помещенной на стальную втулку, и двух примыкающих к концам втулок полюсов. Каждый по-

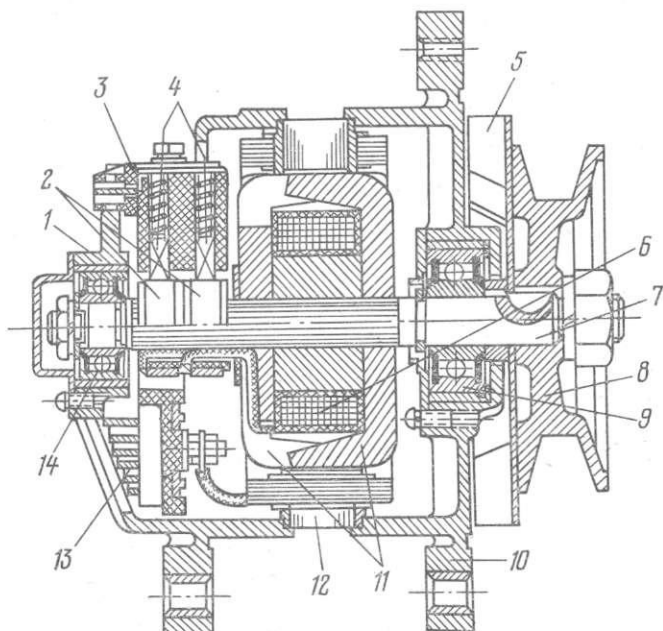


Рис. 24. Генератор Г-250И1.

люс имеет шесть клювообразных наконечников 11. Наконечники одного полюса входят в промежутки между наконечниками другого полюса и образуют 12-полюсный магнит. Обмотка возбуждения состоит из 490 ± 10 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,74—0,83 мм. Концы обмотки возбуждения припаяны к контактным кольцам 2. Кольца напрессованы на втулку, втулка — на вал ротора.

На задней крышке двумя винтами закреплен щеткодержатель 3 с двумя щетками 4. Одна из щеток соединена с клеммой «Ш» и с одноименным выводом регулятора напряжения, другая — присоединена к клемме «—» (масса) и к корпусу регулятора напряжения (рис. 25).

тора напряжения и через амперметр — с аккумуляторной батареей. Клемма «—» генератора соединена с корпусом реле-регулятора.

При вращении ротора мимо сердечников катушек статора, чередуясь, движутся наконечники северного и южного полюсов ротора. В катушках статора, пересекаемых магнитным полем ротора, индуцируется переменная э. д. с. Частота наводимой э. д. с. изменяется синхронно с изменением скорости вращения ротора в пределах от 50 до 500 Гц.

Транзисторный регулятор напряжения РР-350А (рис. 25) состоит из трех транзисторов, четырех диодов, дросселя и сопротивлений. Принципиальную схему регулятора напряжения можно разделить на четыре каскада.

1. Чувствительный каскад (измерительный орган), реагирующий на изменение напряжения генератора. В чувствительный каскад входит кремниевый транзистор T_1 (П302), стабилитрон СТ (Д808 с уровнем стабилизации 7,0—8,5 В), сопротивление R_4 (300 Ом) и входной делитель напряжения, состоящий из сопротивления верхнего плеча R_3 (110 Ом) и сопротивлений нижнего плеча R_2 (100 Ом), R_f (ММТ1), R_1 (390 Ом) и дросселя Др. Делитель напряжения обеспечивает «пробой» стабилитрона при заданном уровне регулируемого напряжения (13,2—14,5 В).

2. Усилительный каскад состоит из транзистора T_2 (П202В или П214В), сопротивлений R_5 (470 Ом), R_6 (28 Ом), R_7 (17 Ом) и диода D_1 (КД202Г).

3. Регулирующий напряжение каскад состоит из силового транзистора T_3 (П217), диодов D_2 (КД202В) и D_3 (КД202Г) и сопротивления R_8 (220 Ом).

4. Стабилизирующий контур включает в себя дроссель Др и сопротивление обратной связи R_{oc} (3кОм).

Рассмотрим два предельных режима работы регулятора: первый — выпрямленное напряжение генератора меньше регулируемого уровня или равно нулю (при неработающем двигателе), второй — выпрямленное напряжение достигало регулируемого уровня.

После включения зажигания выключателем ВЗ к регулятору подводится напряжение батареи В. При этом транзистор T_1 остается в «закрытом» состоянии, а транзисторы T_2 и T_3 «открываются». Транзистор T_1 «закрыт» по той причине, что стабилитрон СТ, включенный в цепь базы транзистора, находится в непроводящем состо-

янии, пока напряжение генератора не достигнет регулируемого уровня. В то время, когда транзистор T_1 закрыт, течет ток базы транзистора T_2 по цепи: положительная клемма аккумуляторной батареи, выключатель ВЗ, сопротивление R_7 , диод D_1 , эмиттер и база транзистора T_2 , сопротивление R_5 , масса, отрицательная клемма батареи. Ток базы открывает транзистор T_2 и через его эмиттерный и коллекторный переходы и сопротивление R_6 течет ток, понижающий потенциал базы силового транзистора T_3 . Через базу силового транзистора T_3 течет открывающий его ток по следующей цепи: «плюс» аккумуляторной батареи, диод D_2 , эмиттер и база транзистора T_3 , диод D_1 , эмиттерный и коллекторный переходы транзистора T_2 , сопротивление R_6 , «минус» аккумуляторной батареи. Через открытый транзистор T_3 проходит максимальной величины ток в обмотку возбуждения генератора по цепи: «плюс» аккумуляторной батареи, диод D_2 , эмиттерный и коллекторный переходы транзистора, клеммы «Ш» регулятора и генератора, обмотка возбуждения генератора ОВГ, «минус» батареи. Таким образом, перед пуском двигателя обеспечивается возбуждение генератора.

При работе генератора на малых оборотах, когда выпрямленное напряжение больше 12 вольт, но ниже регулируемого уровня, стабилитрон продолжает находиться в непроводящем состоянии, так как падение напряжения на выходе верхнего плеча делителя (сопротивление R_3) недостаточно для пробоя стабилитрона и транзистор T_1 остается «закрытым», а транзисторы T_2 и T_3 — «открытыми».

Если выпрямленное напряжение достигает регулируемого уровня, то стабилитрон «пробивается» и через базу транзистора T_1 идет ток по цепи: «плюсовая» клемма выпрямителя, эмиттер, база транзистора T_1 , стабилитрон СТ, сопротивления нижнего плеча делителя, минусовая клемма выпрямителя. Транзистор T_1 «открывается» и через его эмиттерный и коллекторный переходы, сопротивление которых становится минимальным, подается положительный потенциал на базу транзистора T_2 . При этом потенциал базы транзистора T_2 становится выше потенциала эмиттера и транзистор T_2 «закрывается», размыкая ток базы транзистора T_3 . Транзистор T_3 «закрывается». Следовательно, при пробое стабилитрона входной транзистор T_1 «открывается», а усилительный T_2 и выходной T_3 «закрываются». При этом ток в

обмотке возбуждения резко сокращается, так как на пути его стоит большое сопротивление R_8 . Напряжение генератора быстро уменьшается и становится ниже среднего значения регулируемого уровня, стабилитрон переходит в непроводящее состояние, а вслед за ним «запирается» транзистор T_1 , а транзисторы T_2 и T_3 «открываются», пропуская ток в обмотку возбуждения через силовой транзистор T_3 .

Таким образом, при работе регулятора напряжения поочередный переход стабилитрона из проводящего состояния в непроводящее и обратно обеспечивает необходимую частоту переключения режимов работы транзисторов: «открытого» состояния транзистора T_1 и «закрытых» T_2 и T_3 и, наоборот, — «закрытого» T_1 и «открытых» T_2 и T_3 . Ток в обмотке возбуждения при этом то спадает, то возрастает, а средняя величина его имеет такое значение, при котором обеспечивается заданный уровень регулируемого напряжения.

Токи э. д. с. самоиндукции, возникающие в обмотке возбуждения при спаде магнитного потока («запирании» выходного транзистора), возвращаются в обмотку через гасящий диод D_r . Последний, отводя э. д. с., предохраняет транзистор T_3 от перенапряжений и пробоя.

Сопротивление обратной связи R_{oc} служит для четкого релейного переключения транзисторов. Оно включено между коллектором транзистора T_2 и проводником, соединяющим сопротивление R_2 и дроссель D_r делителя напряжения. Когда транзистор T_2 «открывается», то повышение потенциала его коллектора способствует «закрытию» транзистора T_1 .

Сопротивления R_4 и R_7 также улучшают релейность переключения транзисторов из одного состояния в другое. При пробое стабилитрона через сопротивление R_4 начинает идти ток, понижающий потенциал базы транзистора T_1 . Последний быстрее «открывается» и подает положительный «закрывающий» потенциал на базу транзистора T_2 .

Диод D_1 обеспечивает активное «запирание» транзистора T_2 , а диод D_2 «запирание» транзистора T_3 . Диод «запирания» понижает потенциал эмиттера своего транзистора при соединении его базы с положительным потенциалом.

С изменением температуры элементов чувствительного каскада их электрические параметры не остаются постоянными, что приводит к изменению уровня регу-

лируемого напряжения. Для компенсации изменений регулируемого напряжения, вызываемого колебаниями температуры элементов измерительного прибора, параллельно нижнему плечу делителя подключены терморезистор R_t с сопротивлением R_1 . При повышении температуры деталей делителя сопротивление терморезистора уменьшится, а следовательно, уменьшится и эквивалентное сопротивление нижнего плеча делителя, что в свою очередь компенсирует повышение уровня регулируемого напряжения.

Индуктивное сопротивление дросселя Dp устраняет «ложное» срабатывание стабилизатора от пульсации выпрямленного напряжения. При работе генератора без аккумуляторной батареи пульсация напряжения достигает 30—40% от средней величины регулируемого напряжения.

Настройка регулятора производится заводом путем подбора сопротивления R_3 . Регулятор с правильно подобранным сопротивлением должен поддерживать напряжение, замеренное между клеммой «+» и массой регулятора, в пределах 13,2—14,5 В, при различных скоростных (от 2500 до 10 000 об/мин), нагрузочных (от 9 до 28 А) и температурных режимах (от -20°C до $+65^{\circ}\text{C}$) работы установки. В случае замены вышедшего из строя какого-нибудь элемента чувствительного каскада необходима проверка и, при необходимости, корректировка регулируемого напряжения.

Для увеличения регулируемого напряжения припаивается сопротивление типа МЛТ-05 параллельно сопротивлению R_3 , а для уменьшения напряжения это же сопротивление припаивается параллельно сопротивлению R_2 . Соединение регулятора с генератором осуществляется при помощи закрытого штепсельного разъема, имеющего фиксирующее устройство и обозначения на торце «+» («плюс»), «Ш» («шунт») и «М» («масса»).

В таблице приведены основные технические данные генераторов переменного тока.

Сравнивая удельную мощность генераторов (мощность, приходящаяся на один кг веса) нетрудно видеть, что она у автомобильных генераторов выше, чем у тракторных. Это объясняется тем, что на обмотку возбуждения бесконтактных тракторных генераторов расходуется больше медного провода, чем у автомобильных генераторов, т. к. магнитопроводы тракторных генераторов имеют больше воздушных промежутков, повыша-

Т а б л и ц а. Технические характеристики генераторов переменного тока

Параметры	Автомобильный генератор	Тракторные генераторы			
	Г-250И1	Г-302Б	Г-304А1	Г-304А1	Г-305
Соединение фаз статора	в звезду	в звезду	в звезду	в треугольник	в звезду
Номинальная мощность, Вт	350	180	250	400	400
Номинальное напряжение выпрямленного тока, В	12,0	12,0	12,0	14	12,0
Номинальный ток, А	28	15	20	28,5	32
Максимальный ток, А	40 ± 5	30	29		42
Начальные обороты ротора, при которых генератор развивает напряжение 12,5 В при +20°C:					
на холостом ходу не более, об/мин	950	2000	1300	1350	1550
с номинальной нагрузкой не более, об/мин	2200	4200	2600	2600	3300
Номинальная скорость вращения ротора, об/мин		5100	3600	3600	3600
Ток возбуждения не более, А	3,05 ± 0,2	3,5	3,5	3,5	3,5
Вес генератора с выпрямителем, кг	5,2	5,0	7,0	7,0	7,5
Удельная мощность, Вт/кг	67,3	36,0	31,4	57,1	53,3

ющих сопротивление магнитных цепей. Кроме того, автомобильные генераторы облегчены за счет вентиляционных отверстий в крышках.

5. Основные правила эксплуатации генераторов переменного тока и контактно-транзисторных реле-регуляторов

Чтобы преждевременно не вывести из строя генератор, его выпрямитель или реле-регулятор, необходимо хорошо знать и точно выполнять основные правила эксплуатации.

Включать аккумуляторную батарею в сеть только клеммой «+», а клеммой «—» — на массу. Обратное подключение батареи выводит из строя выпрямительный блок генератора или амперметр (в случае отсутствия предохранителя), так как в этом случае батарея замыкается через выпрямитель накоротко.

После остановки двигателя необходимо выключать зажигание на автомобиле или массу на тракторе. Несоблюдение этого требования приводит к разрядке аккумуляторной батареи через обмотку возбуждения генератора. Нельзя даже кратковременно соединять изолированные клеммы генератора и реле-регулятора с массой. Замыкание клеммы «+» или «В» («ВЗ») на массу вызывает короткое замыкание батареи и перегорание предохранителя в цепи заряда, а при отсутствии предохранителя происходит нагрев проводов и выход из строя амперметра. При замыкании клеммы «Ш» на массу срабатывает реле защиты, обмотка возбуждения не получает питания и генератор не работает.

Различные варианты неправильного присоединения проводов к генератору и реле-регулятору приводят к изменению электрических параметров установки и выходу из строя ее отдельных приборов. Нарушение соединения в цепи между массами (корпусами) реле-регулятора и генератора, или соединение клемм «+» и «Ш» между собой, равносильно отключению регулятора напряжения, при этом наблюдается значительное увеличение напряжения в сети, повышенный зарядный ток, выкипание электролита в батарее и перегорание ламп.

Отключение плюсового провода генератора вызывает повышение напряжения на выпрямителе, опасное для его диодов, в этом случае регулятор отключен от напряжения генератора и не регулирует его.

Запрещается при работе двигателя автомобиля с генератором Г-250 отключать аккумуляторную батарею; это может вызвать резкое увеличение напряжения, которое приводит к повреждению транзистора, перегоранию ламп и других приборов.

Работа тракторных генераторов типа Г-304 без аккумуляторной батареи допустима, но при этом переключатель сезонной регулировки должен быть установлен в положение «лето», а при заводке двигателя надо выключать фары и другие потребители для облегчения самовозбуждения генератора.

Присоединение провода к клеммам генератора и реле-

регулятора, а также подтяжку зажимных гаек проводов надо производить при отключенной аккумуляторной батарее.

При проверке и регулировке реле-регулятора на машине надо помнить, что загрязнение, запыление или замасливание контактов электромагнитных реле РН и РЗ может вывести из строя реле-регулятор. В эксплуатации контакты реле не нуждаются в зачистке. Промывка их допускается капроновой лентой, смоченной спиртом или 20%-ным раствором лимонной кислоты.

Нельзя при регулировке допускать соединения токопроводящим инструментом корпуса реле-регулятора с ярмом или пружинами регулятора напряжения и реле-защиты, так как они находятся под напряжением относительно корпуса.

При мойке машин нельзя допускать прямого попадания струи воды на генератор и реле-регулятор.

6. Уход за генераторами и реле-регуляторами

Ежесменная проверка работы генератора производится по показаниям амперметра. Сразу после заводки двигателя на средних и больших оборотах амперметр должен показывать зарядный ток. При техническом обслуживании № 1 (через 60 часов работы трактора или через 1100—1700 км пробега автомобиля) проверяют и при необходимости регулируют натяжение приводного ремня генератора, очищают поверхности реле-регулятора и генераторов от пыли и грязи, прочищают деревянной шпилькой (спичкой) сливные отверстия в крышках тракторных генераторов.

У автомобилей ЗИЛ-130 и тракторов «Беларусь» правильность натяжения приводного ремня проверяют по прогибу, который должен быть 10—14 мм от усилия 40Н (4 кг), а у тракторов Т-25 требуемое натяжение устанавливается весом натяжного шкива при ослабленном креплении шкива. После проверки натяжения гайка крепления шкива к планке должна быть затянута.

Очистку генератора и реле-регулятора от пыли и грязи производят влажной тряпкой или щеткой без применения бензина, дизельного топлива и струи воды под давлением.

При технических обслуживаниях № 2 (через 240 часов работы трактора или 6000—9000 км пробега автомобиля)

проверяют и подтягивают крепления генераторов, их шкивов и шпилек, соединения проводов на клеммах генераторов и реле-регуляторов. Осматривают состояние щеток автомобильных генераторов и удаляют продувкой щеточную пыль. Щетки должны легко передвигаться в щеткодержателях и надежно соприкасаться с контактными кольцами.

Через каждые 25 000 км пробега автомобилей при технических обслуживаниях № 2 снимают генератор и производят его частичную разборку (снимают крышку со стороны контактных колец), очищают детали генератора от пыли и грязи, а также проверяют высоту щеток, которая при замере от посадочной плоскости пружины до основания должна быть не менее 8 мм. Во избежание поломки щеток, перед снятием задней крышки генератора, надо предварительно вывернуть болты крепления щеткодержателя и вынуть его вместе со щетками.

При проведении ТО-2 автомобилей и ТО-3 тракторов, а также при сезонном техническом обслуживании проверяют непосредственно на машинах с помощью переносных приборов или на стендах напряжение, поддерживаемое регулятором, и корректируют его в соответствии с требованиями предстоящего сезона эксплуатации. Пониженное напряжение приводит к недозарядке, а повышенное — к перезарядке батарей, то и другое уменьшает срок их службы.

Переключатель посезонной регулировки ППР реле-регулятора РР-362Б позволяет быстро изменять регулируемое напряжение без применения приборов в зависимости от сезона эксплуатации. Переключатель устанавливают в положение «лето» при температуре окружающего воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ и выше. Пользоваться им разрешают в следующих случаях:

а) летом устанавливают ППР в положение «зима» в случае систематической недозарядки аккумуляторной батареи (понижение плотности электролита, затруднительный пуск двигателя);

б) зимой устанавливают ППР в положение «лето» в случае систематической перезарядки аккумуляторной батареи (интенсивное кипение электролита, снижение его уровня на 10 мм и более за 200 мото-часов работы). В первом случае осуществляется повышение, а во втором — понижение регулируемого напряжения без снятия крышки реле-регулятора.

7. Проверка трехфазных генераторов, выпрямителей и реле-регуляторов

Проверка цепи возбуждения. Если при включении массы на тракторах или зажигания на автомобилях амперметр не показывает разрядного тока, идущего в обмотку возбуждения генератора (не загорается контрольная лампочка на тракторах), то возможные неисправности в цепи возбуждения можно определить с помощью контрольной лампочки 12В (21—32 св) или тестера. Для отыскания неисправности отсоединяют провод от клеммы «Ш» генератора и поочередно включают контрольную лампу между клеммой «В» («ВЗ») реле-регулятора и массой, между клеммой «Ш» реле-регулятора и массой, между концом отсоединенного провода и массой. Если лампочка не загорелась в первом включении, то не исправен участок цепи от аккумуляторной батареи до клеммы «В» («ВЗ») реле-регулятора. Если в первом подключении лампочка горит, а во втором не горит — не исправна цепь внутри реле-регулятора. Если в третьем подключении лампочка не горит — не исправна проводка, соединяющая реле-регулятор с генератором.

Проверку исправности обмотки возбуждения производят, соединив клемму «Ш» генератора через контрольную лампочку с клеммой «+» аккумуляторной батареи. Горение лампочки вполнакала указывает на исправность обмотки возбуждения. При обрыве цепи в одной из катушек возбуждения тракторного генератора Г-304А1 (Г-305) лампочка горит тускло. Яркое горение лампы свидетельствует о замыкании обмотки возбуждения на массу. Цепь обмотки возбуждения может быть проверена также с помощью амперметра класса 2,5 (относительная погрешность не более 2,5%) и вольтметра класса 1,5. Амперметр устанавливают последовательно в цепь возбуждения между клеммами «Ш» генератора и реле-регулятора. Если напряжение аккумуляторной батареи 12В и амперметр показывает ток, соответствующий технической характеристике генератора (3А для автомобильных и 3,5А для тракторных генераторов), то цепь исправна. Увеличение тока выше указанных величин свидетельствует о замыкании в обмотке возбуждения. Уменьшение тока указывает на повышенное падение напряжения в цепи возбуждения. Участок цепи с увеличенным падением напряжения определяют

с помощью вольтметра, подключаемого параллельно отдельным участкам цепи. Падение напряжения считается нормальным, если на участках от «+» аккумуляторной батареи до клеммы «В» («ВЗ») оно составляет не более 0,2—0,5В, между клеммами «В» («ВЗ») и «Ш» — не более 2В, а между клеммами «Ш» реле-регулятора и генератора — не более 0,2—0,4В.

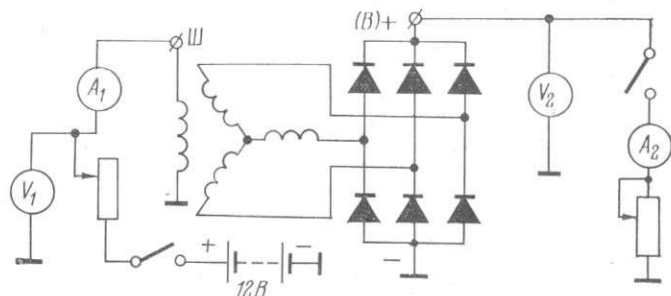


Рис. 26. Схема проверки электрических характеристик генераторов переменного тока на стенде

Проверка начальных оборотов возбуждения генераторов переменного тока производится на стендах, позволяющих изменять скорость вращения ротора от 500 до 5000 об/мин. Для проверки собирают установку по схеме, приведенной на рис. 26. К клемме «Ш» обмотки возбуждения через реостат подключают независимое питание от источника постоянного тока с напряжением 12В. Силу тока в обмотке возбуждения контролируют амперметром A_1 , а напряжение — вольтметром V_1 . К выходной клемме «+» генератора подключают реостат нагрузки. Выходной ток и напряжение контролируют соответственно амперметром A_2 и вольтметром V_2 .

При проверке ток возбуждения устанавливают в соответствии с технической характеристикой: плавно увеличивают обороты ротора, доводят напряжение (по вольтметру V_2) до 12,5 В сначала на холостом ходу, а затем при номинальной нагрузке (по амперметру A_2). Обороты ротора, при которых достигается расчетное напряжение 12,5 В, сверяют с техническими данными (см. табл.). Нельзя включать двигатель стенда при отключенном плюсовом проводе генератора.

Проверка выпрямительных диодов. При проверке выпрямительного блока отсоединяют все провода от клемм генератора и соединяют между собой отрицатель-

ные клеммы аккумуляторной батареи и генератора, а между их положительными клеммами включают контрольную лампочку. Если лампочка не горит, выпрямитель работает, если лампочка горит, то выпрямительный блок не исправен — пробита часть диодов прямой и обратной полярностей или повреждена изоляция между теплоотводом диодов прямой полярности и корпусом выпрямителя генераторов Г-304А1, Г-305. Для определения пробитых диодов разбирают генератор и отсоединяют от выпрямителя выводы обмоток статора.

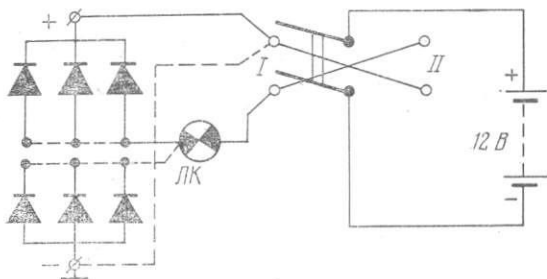


Рис. 27. Схема проверки диодов выпрямительного блока генераторов переменного тока

Проверку диодов, соединенных с плюсовым выводом, производят по схеме (рис. 27). Одну клемму аккумуляторной батареи соединяют с плюсовой шиной (теплоотводом), а вторую — через контрольную лампочку поочередно подсоединяют к выводу каждого диода на выпрямительном блоке. Исправные диоды проводят ток, если к ним подведено напряжение в проходном направлении («плюс» — к выводу диода, «минус» — к шине), и не проводят его в обратном направлении. Если лампочка горит при подключении к диоду тока в обоих направлениях, то диод не исправен вследствие короткого замыкания. Аналогично проверяют диоды, соединенные с минусовым выводом. К минусовой шине (корпусу) выпрямителя присоединяют провод от одной клеммы (на схеме он показан пунктиром) аккумуляторной батареи, а вторую клемму через лампочку поочередно соединяют с выводами диодов минусовой группы. В случае выхода из строя вентиля типа ВА обратной полярности, запрессованного в корпус выпрямителя, он может быть заменен вентиляем ремонтного размера, с большим диаметром под запрессовку ($13,27 \pm \frac{0,04}{0,03}$ мм).

При выходе из строя вентиля прямой полярности производят замену всей панели, так как ремонтных вентилях прямой полярности промышленность не выпускает.

Проверку обмоток статора производят на отсутствие обрывов и замыканий между витками и на корпус. Для проверки генератор разбирают и отсоединяют выводные провода обмотки статора от выпрямительного блока.

Отсутствие замыканий обмоток на корпус проверяют контрольной лампой, питаемой от сети переменного тока напряжением 220В. Для этой цели используют контрольно-испытательный стенд КИ-968 или прибор модели 533.

При проверке щуп, соединенный с одним проводом сети, подводят к статору, а другой провод сети через контрольную лампу соединяют с выводами фазных обмоток. Лампа не должна гореть. Загорание лампы свидетельствует о замыкании обмотки на массу.

Отсутствие обрыва в обмотках статора, соединенных в звезду, проверяют поочередным включением контрольной лампы в сеть через два вывода фазных обмоток. Лампа должна гореть; если она не горит, то это указывает на обрыв одной из обмоток данной пары фаз или на нарушение соединения в нулевой точке.

Наличие витковых замыканий может быть обнаружено с помощью омметра или тестера, установленного для измерения минимальных сопротивлений. Сопротивления каждой фазы или каждой пары фаз должны быть одинаковыми.

Проверка транзистора и диодов реле-регуляторов РР-362 и РР-362Б производится с помощью тестера, установленного на измерение небольших сопротивлений. При проверке транзистора измеряют поочередно сопротивления между двумя любыми выводами с переменными местами концов от измерительного прибора. Сопротивление одних и тех же переходов при перемене местами концов от измерительного прибора должно быть различным: больше нуля, но не более 500 кОм. Если сопротивление между двумя любыми выводами равно нулю или бесконечности, то транзистор не исправен. Вывод коллектора соединен с корпусом транзистора, а выводы эмиттера и базы изолированы от него. Обозначение выводов дано на теплоотводе реле буквами.

При проверке диодов измеряют сопротивление их в

прямом и обратном направлениях, меняя местами провода от измерительного прибора. Диод исправен, если прибор показывает по минимальной шкале небольшое сопротивление (не более 100—200 Ом) в одном направлении и большое (сотни килоом и более) — при перемене местами выводов прибора. Диод не исправен, если оба измерения показывают нуль и бесконечность.

Проверка и регулировка контактно-транзисторных реле-регуляторов. Для проверки реле-регуляторов на тракторах и автомобилях включают между клеммой «В» РР-362Б (или «ВЗ» реле РР-362) и массой вольтметр со шкалой 20 или 30 В не ниже 1-го класса точности. Проверка производится при полностью заряженной аккумуляторной батарее. Если перед проверкой двигатель не работал, то его заводят на 10—20 мин для прогрева приборов. Проверку регулятора напряжения РР-362Б на тракторе производят при номинальных оборотах двигателя с включенными передними и задними фарами. Регулируемое напряжение по показаниям вольтметра должно быть в пределах 13,2—14,0 В (при установке переключателя ППР в положение «лето») или 14,0—15,2 В (при установке переключателя ППР в положение «зима»).

Проверку реле-регулятора РР-362 на автомобиле производят при 1300—2000 об/мин коленчатого вала двигателя с включенными подфарниками и задними фонарями. Напряжение, по показанию вольтметра, должно быть в пределах 13,8—14,6 В (для автомобилей ГАЗ-53А). Необходимо также проверять напряжение между клеммами «+» и «—» генератора. Увеличение напряжения на клеммах генератора относительно замеренных на реле-регуляторах более чем на 0,5 В для тракторных установок (и более чем на 1,5 В для автомобильных установок) указывает на плохие контакты в соединениях проводов (или большое падение напряжения в выключателе зажигания).

Регулировку реле-регулятора также следует производить, если проверенное напряжение находится в указанных выше пределах, но в эксплуатации продолжительное время наблюдались:

а) значительная перезарядка аккумуляторной батареи, сопровождающаяся выкипанием электролита (для реле-регуляторов РР-362Б при установленном переключателе ППР в положение «лето», независимо от времени эксплуатации). В этом случае устанавливают регулирую-

емое напряжение в пределах 13,2—13,5 В для РР-362Б (при положении переключателя ППР в положение «лето») и 13,8—14,2В для РР-362;

б) значительная недозарядка аккумуляторной батареи, затрудняющая заводку двигателя при исправной системе пуска. В данном случае устанавливают напряжение в пределах 14,5—15,0 В для РР-362Б (при установке переключателя ППР в положение «зима») и 14,1—14,6В для РР-362.

Проверка и регулировка контактно-транзисторных реле-регуляторов на стендах. Для проверки реле-регуляторов собирают схему, как показано на рис. 28. Вольтметр включают между клеммами «В» («ВЗ») и «М» реле-регулятора, а нагрузочный реостат с аккумуляторной батареей подключают через амперметр к клемме «+» «В» генератора. Величину регулируемого напряжения проверяют и, при необходимости, регулируют, для генераторов Г-304А1 (мощностью 250 Вт) при 3600 об/мин и токе нагрузки 10А, а для генераторов Г-250 при 3000 об/мин ротора и нагрузке 14А.

Проверка реле защиты производится по схеме (см. рис. 29). Положительную клемму источника постоянного тока (10—13 В) подключают к коллектору транзистора (теплоотводу), а отрицательную клемму через нагрузочный реостат и амперметр — к клемме «Ш» реле-регулятора. При таком включении ток проходит только по последовательной обмотке ПО реле защиты РЗ. Сопротивление цепи изменяют реостатом и визуально наблюдают за работой РЗ. Его включение должно происходить при токе 3,2—3,6 А.

Регулировка регулятора напряжения и реле защиты производится изменением натяжения их пружин. Для повышения регулируемого напряжения (или силы тока включения РЗ) увеличивают натяжение пружины РН

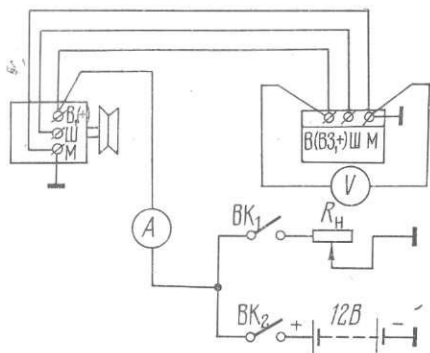


Рис. 28. Схема проверки контактно-транзисторных и транзисторных регуляторов напряжения на стенде

(РЗ) и ослабляют ее, если необходимо уменьшать напряжение (или силу тока включения РЗ). Регулировку производят подгибанием кронштейна пружины специальной регулировочной вилкой или плоскогубцами с тонкими губками, не замыкая инструментом ярмо с корпусом регулятора.

Перед регулировкой электрических параметров рекомендуется проверить зазоры в регуляторе напряжения и реле защиты.

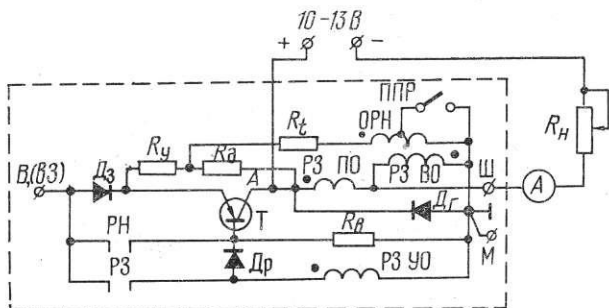


Рис. 29. Схема проверки реле защиты

Зазоры для РР-362Б, по данным Калужского завода (КЗАМЭ), должны быть в следующих пределах:

зазор между ярмычком и сердечником РН при разомкнутых контактах 1,4—1,5 мм;

зазор между контактами РН 0,25—0,3 мм;

зазор между ярмычком и сердечником РЗ при замкнутых контактах 0,15—0,25 мм, а при разомкнутых — 0,7—0,8 мм.

Регулировка зазора производится перемещением держателя контакта и подгибанием ограничителя хода ярмычка.

Проверка и регулировка бесконтактного регулятора напряжения РР-350А. При эксплуатации регулятора РР-350А необходимо периодически проверять регулируемое напряжение. Для проверки вольтметр включают между клеммой «+» и корпусом генератора. При различных оборотах и нагрузке генератора напряжение должно быть в пределах 13,2—14,5 В. Надо учитывать, что на величину регулируемого напряжения влияет надежность соединений проводов с массой и клеммами генератора, регулятора напряжения, выключателя зажигания и амперметра. Подгорание контактов выключателя

зажигания приводит к повышению регулируемого напряжения. Поэтому необходимо проверять падение напряжения на клеммах выключателя зажигания, которое должно быть не более 0,15В при токе 12А.

Для проверки регулятора напряжения на стенде собирают схему (см. рис. 28). Выключателем ВК₂ подают напряжение и плавно увеличивают обороты генератора до 3000 об/мин, затем включают выключатель ВК₁ и реостатом изменяют нагрузку от 5 до 25А.

Если регулируемое напряжение меньше или больше 13,2—14,5В, то подбором сопротивления R_3 (рис. 25) устанавливают необходимое напряжение.

Если регулятор не работает, в первую очередь надо проверить тестером стабилитрон и выходной транзистор П217 (П217В), пропускающий ток в обмотку возбуждения генератора, а затем проверять остальные полупроводниковые приборы. Чтобы убедиться, что регулятор обеспечивает нормальное возбуждение генератора, надо измерить падение напряжения между клеммами «+» и «Ш» регулятора. Падение напряжения не должно превышать 2 В при токе возбуждения 3А.

Проверка величины падения напряжения в регуляторе производится по схеме, приведенной на рис. 30. К клеммам «+» и «М» («—») подключают одноименные клеммы аккумуляторной батареи, а клемму «Ш» соединяют через реостат (первоначальное сопротивление не менее 4 Ом) и амперметр с минусом батареи. Между клеммами «+» и «Ш» регулятора включают вольтметр, устанавливают по амперметру ток 3А и измеряют вольтметром падение напряжения.

8. Возможные неисправности генераторных установок переменного тока и способы их устранения

Нарушение нормальной работы генераторной установки происходит вследствие неисправностей генератора, реле-регулятора, электропроводки и аккумуляторной батареи.

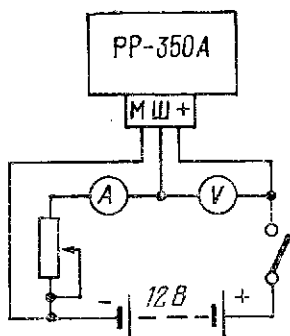


Рис. 30. Схема проверки падения напряжения в регуляторе PP-350А

Неисправности генераторов.

Генератор не заряжает аккумуляторную батарею (амперметр показывает разряд при больших оборотах двигателя). Возможными причинами могут быть:

слабое напряжение приводного ремня, которое устраняется регулировкой;

обрыв или плохой контакт цепи обмотки возбуждения. Проверить цепь обмотки возбуждения, как указано в § 7. У генераторов типа Г-250 возможны загрязнения, замасливание и подгорание контактных колец, обрыв концов обмотки возбуждения от колец, зависание щеток. Загрязненные кольца очищают тряпочкой, смоченной в бензине, а подгоревшие кольца зачищают шлифовальной шкуркой со стеклянным покрытием с последующей протиркой ветошью. При зависании щеток снимают щеткодержатель, вынимают щетки и удаляют щеточную пыль. При наличии обрыва обмотки возбуждения генератор снимают с двигателя для ремонта;

обрыв или плохой контакт в силовой цепи (генератор — реле-регулятор—батарея—масса). Исправляют повреждение проводки, очищают и подтягивают контактные соединения;

обрыв двух или трех фаз статора. Генератор снимают с двигателя для ремонта;

короткое замыкание цепи обмотки возбуждения на массу, вызывающее срабатывание реле защиты. Следует выключать массу аккумуляторной батареи или зажигание, найти и устранить короткое замыкание.

Генератор не отдает полной мощности (недостаточно заряжает аккумуляторную батарею). Причинами могут быть:

пробуксовка приводного ремня;

обрыв или винтовое замыкание одной из фаз статорной обмотки;

выход из строя одного из диодов выпрямительного блока;

обрыв цепи одной из катушек обмотки возбуждения тракторных генераторов Г-304А1, Г-305.

Необходимо проверить (как указано в § 7) статорные обмотки, выпрямительный блок и обмотки возбуждения и устранить неисправности.

Повышенный шум генератора вызывается:

проскальзыванием и чрезмерным натяжением приводного ремня;

износом подшипников; недостаточным количеством смазки подшипников;

выработкой посадочного места под подшипник; задеванием ротора за полюса статора.

Выход из строя генератора и выпрямителя вызывают короткие замыкания фаз генератора между собой и на массу или пробой изоляции между теплоотводом диодов прямой полярности и массой.

Поломка крепежных лап генератора происходит при ослаблении их крепления. Ослабление креплений вызывают увеличенный дисбаланс шкива или ротора генератора, вмятины на ведущих шкивах.

Неисправности реле-регуляторов РР-362, РР-362Б

Нет заряда аккумуляторной батареи.
Возможные причины:

самопроизвольное срабатывание реле защиты;

снижение уровня регулируемого напряжения до 12 В и ниже;

внутренний обрыв в реле-регуляторе.

Наличие одной из перечисленных неисправностей может быть определено по броску зарядного тока при кратковременном замыкании клемм «В» («ВЗ») и «Ш» реле-регулятора с работающим на средних оборотах двигателем, включенной батареей и отключенных потребителях.

Самопроизвольное срабатывание реле защиты возможно вследствие его разрегулировки. Неисправность определяют по замкнутых контактах и устраняют путем незначительного повышения натяжения пружин реле защиты.

Снижение уровня регулируемого напряжения определяют кратковременным повышением натяжения пружины у разрегулированного регулятора напряжения. При этом амперметр покажет зарядный ток (если двигатель работает на средних оборотах). Настройку регулятора напряжения производят по вольтметру.

Реле-регулятор с внутренним обрывом снимают с машины для замены или ремонта в мастерской. Если внутренний обрыв произошел в пути, то необходимо

через каждые 150—200 км пробега автомобиля произвести подзарядку аккумуляторной батареи, соединив проводом клеммы «ВЗ» и «Ш» не более чем на 20—25 мин. Обороты двигателя устанавливают такие, чтобы зарядный ток не превышал 20 А.

Амперметр длительное время показывает большой зарядный ток (более 8—10 А на автомобиле или более 15—20 А на тракторе).

Причины неисправности могут быть следующие:

высокий уровень регулируемого напряжения;

пробит транзистор реле-регулятора;

обрыв цепи, соединяющей массы реле-регулятора и генератора. Необходимо проверить уровень регулируемого напряжения и при необходимости подрегулировать. Если регулируемое напряжение находится в требуемых технических условиях пределах и в течение одного-двух дней зарядный ток остается большим (более 6—7 А при условии исправности аккумуляторной батареи), регулятор напряжения следует подрегулировать на 0,3—0,4 В вниз.

Если регулятор напряжения не поддается регулировке, наиболее вероятной причиной является пробой транзистора (сопротивление переходов эмиттер-коллектор равно нулю).

Исправность транзистора легко проверить, если включить между клеммой «Ш» и массой реле-регулятора лампочку 12 В или вольтметр. На тракторах МТЗ-50Л для этой цели может служить лампочка щитка приборов. Нажимая на якорек регулятора напряжения и реле защиты, замыкают контакты. При исправном транзисторе лампочка гаснет, а стрелка вольтметра падает почти до нуля. Если лампочка не гаснет или стрелка вольтметра находится в одном положении, значит транзистор пробит. Если пробой транзистора произошел в пути, рекомендуется отсоединить провод от клеммы «В» («ВЗ») или «Ш» реле-регулятора, чтобы не допустить перезаряд батареи. Отключать батарею нельзя, так как происходит резкое повышение напряжения и перегорание потребителей (ламп, приборов). Продолжительная работа с отключенным реле-регулятором приводит к разрядке аккумуляторной батареи. Для ее подзарядки присоединяют отключенный провод к клемме реле-регулятора на 20—25 мин, поддерживая оборотами двигателя и нагрузкой зарядный ток не более 20 А.

Неисправности реле-регулятора РР-350 А

Амперметр показывает постоянный разряд. Причинами неисправности могут быть:

обрыв цепей электродов силового транзистора П217 (Т₃) или диодов КД202Г (Д₁), КД202(Д₂);

нарушение контактов в штепсельном разъеме регулятора или на клеммах генератора, вследствие чего отсутствует возбуждение генератора;

обрыв цепей электродов транзистора П214В (Т₂);

пробой переходов входного транзистора П302 (Т₁).

Амперметр показывает повышенный зарядный ток. Причины неисправности:

обрыв цепи терморезистора, вследствие чего произошло увеличение сопротивления нижнего плеча делителя и повышение регулируемого напряжения;

пробой переходов силового транзистора П217, вызывающий прекращение работы регулятора;

обрыв цепей транзистора П302 или стабилитрона Д808;

пробой переходов транзистора П214В.

Неисправный реле-регулятор снимают с машины для проверки в мастерской и замены вышедших из строя полупроводниковых приборов. Полупроводниковые приборы с обрывом цепей электродов дают сопротивление, равное бесконечности независимо от полярности проверки. Пробитые переходы транзисторов и диодов дают сопротивление, равное нулю.

В случае замены элементов чувствительного каскада (транзистора П302, стабилитрона Д808, терморезистора ММТ-1, сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 и дросселя) необходимо произвести проверку и, в случае необходимости, подрегулировать регулируемое напряжение, как указано в § 4.

При отсутствии вышедших из строя полупроводниковых приборов они могут быть заменены:

транзистор П217 транзисторами П217А-Г, П216, П216А-Г; транзистор П302 транзисторами П303, П303А, П304, П306, П306-А; транзистор П214В транзисторами П213, П213А, П214, П215, П216, П202, П203;

стабилитрон Д808 стабилитронами Д809, Д810, Д814А-Г;

диод КД202В диодами КД202А, Д, Ж;

диод КД202Г диодом КД202А-И.

IV. СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ И ПУСКА

1. Контактнo-транзисторная система зажигания автомобилей ГАЗ-53А, ЗИЛ-130, ЗИЛ-131А

Для увеличения долговечности контактов прерывателя и обеспечения бесперебойного зажигания в настоящее время на автомобилях ГАЗ-53А, ЗИЛ-130 и ЗИЛ-131А устанавливают контактнo-транзисторную систему зажигания (рис. 31). Она состоит из аккумуляторной

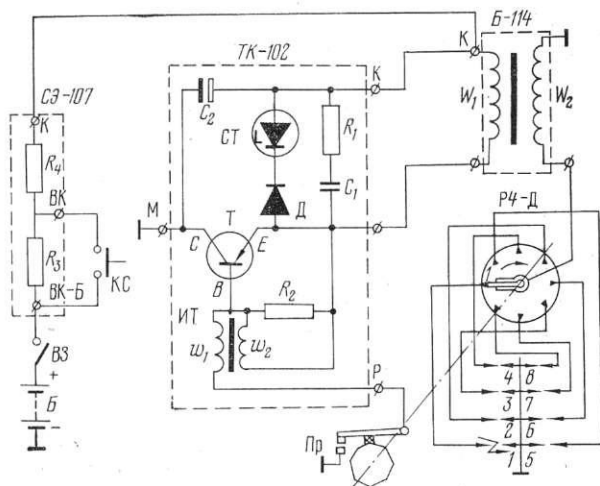


Рис. 31. Контактнo-транзисторная система зажигания автомобилей ЗИЛ-130

батареи Б, выключателя зажигания ВЗ, блока добавочных сопротивлений СЭ-107, транзисторного коммутатора ТК-102, катушки зажигания Б-114, прерывателя-распределителя Р4-Д для автомобилей ЗИЛ, или Р13-Д для ГАЗ-53А (без конденсаторов) и запальных свечей.

Блок добавочных сопротивлений ограничивает ток в катушке и состоит из двух резисторов R_3 и R_4 по 0,5 Ома. Резистор R_3 при пуске двигателя закорачивается. Катушка зажигания маслонаполненная. Она имеет повышенный коэффициент трансформации и пониженную индуктивность первичной обмотки ($W_1=180$ витков, $W_2=41500$ витков). Один конец вторичной обмотки соединен с корпусом катушки.

Основное назначение транзисторного коммутатора — включение и выключение тока низкого напряжения в первичной обмотке индукционной катушки.

Контакты прерывателя Пр служат для управления транзисторным коммутатором («отпирания» и «запирания» транзистора). В транзисторном коммутаторе установлены: мощный германиевый транзистор ГТ-701А типа *p-n-p*; импульсный трансформатор ИТ, первичная обмотка ω_1 которого соединена с базой транзистора и прерывателем, а вторичная ω_2 , зашунтированная сопротивлением R_2 , соединена с эмиттером транзистора; конденсатор C_1 ($1\mu\text{Ф}$, 160В) с сопротивлением R_1 (2 Ома); кремниевый стабилитрон СТ типа Д-113 В с германиевым диодом Д типа Д7Ж и электролитический конденсатор C_2 ($50\mu\text{Ф}$, 50В).

При включенном зажигании и замкнутых контактах прерывателя через транзистор текут два вида токов.

1. Ток управления силой 0,3—0,9 А течет по цепи: «плюс» аккумуляторной батареи, выключатель зажигания, добавочные сопротивления R_3 и R_4 , первичная обмотка индукционной катушки, переход эмиттер-база транзистора, первичная обмотка импульсного трансформатора, контакты прерывателя, масса двигателя, минусовая клемма аккумуляторной батареи. Ток управления, проходя в прямом направлении через эмиттерный переход и базу, «отпирает» транзистор (резко уменьшает сопротивление коллекторного перехода) и открывает путь основному току первичной обмотки индукционной катушки.

2. Основной ток первичной обмотки силой 7—8 А течет от плюсовой клеммы аккумуляторной батареи через выключатель зажигания, добавочные сопротивления, первичную обмотку индукционной катушки, эмиттерный и коллекторный переходы транзистора и далее на массу и минус аккумуляторной батареи.

В момент размыкания контактов прерывателя ток в цепи управления транзистором исчезает и сопротивления эмиттерного и коллекторного переходов резко увеличиваются, при этом транзистор «запирается» и выключает ток первичной обмотки индукционной катушки. Исчезающее магнитное поле первичной обмотки индукционной катушки создает во вторичной обмотке высокое напряжение, которое через распределитель подводится к свече зажигания.

Импульсный трансформатор ИТ служит для ускорения запирания транзистора при размыкании контактов

прерывателя. В момент размыкания контакта исчезает магнитное поле первичной обмотки трансформатора ИТ пронизывает витки вторичной обмотки ИТ и индуцирует в них э. д. с., которая создает на эмиттерном переходе транзистора обратное (отрицательное) напряжение, способствующее быстрейшему запираанию транзистора.

Для предохранения транзистора от нагревания и пробоя токами самоиндукции первичной обмотки индукционной катушки, возникающими при запираании транзистора, предусмотрены цепи защиты. Цепь C_1, R_1 поглощает энергию самоиндукции и отводит ее в виде тепла через алюминиевые теплоотводы. Токи самоиндукции заряжают конденсатор, затем происходит затухающий колебательный разряд его через первичную обмотку индукционной катушки. Этим увеличивается продолжительность искрового заряда между электродами свечей.

Цепь, состоящая из диода Д и стабилитрона СТ, предохраняет транзистор от перенапряжения и пробоя токами самоиндукции первичной обмотки катушки. Транзистор выдерживает напряжение между эмиттером и коллектором не более 160 В и ток — не более 20 А.

Обычно э. д. с. самоиндукции первичной обмотки катушки Б-114 не превышает 100—120 В. Но при случайных повышениях ее, более 100 В, возможных при отсоединении проводов высокого напряжения или неисправностях реле-регулятора, происходит пробой стабилитрона и рост напряжения прекращается, так как стабилитрон с диодом Д шунтируют первичную обмотку. Диод Д установлен так, что предотвращает проход рабочего тока низкого напряжения через стабилитрон, в обход первичной обмотки индукционной катушки.

Сопротивление R_2 гасит энергию э. д. с. самоиндукции вторичной обмотки импульсного трансформатора.

Электролитический конденсатор C_2 , включенный параллельно источникам тока, защищает транзистор от импульсных повышений напряжения в генераторе в случае отключения батареи, обрыва одной из фаз генератора или провода, соединяющего массы генератора и реле-регулятора.

В случае импульсных повышений напряжения конденсатор C_2 , заряжаясь, предотвращает перенапряжение транзистора и протекание через него большого разрушающего тока.

Транзисторный коммутатор закрепляют в кабине;

так как диапазон его рабочих температур находится в пределах 233—338 К (—40— +65°С).

Для лучшего отвода тепла корпус прибора отлит из алюминиевого сплава с ребристой поверхностью, а транзистор и элементы цепей защиты (C_1 , R_1 , Д, СТ) закреплены на теплоотводах, соединенных с корпусом. Транзистор с элементами цепей защиты залит эпоксидной смолой.

2. Правила эксплуатации, проверка и уход за системой зажигания

При сборке схемы зажигания необходимо тщательно проверять правильность соединения всех проводов, так как ошибочное соединение может привести к выходу из строя транзисторного коммутатора. На рис. 31 обозначения присоединительных клемм соответствуют их маркировке на приборах.

При установке катушки зажигания на автомобиль необходимо обеспечить хороший контакт между ее кронштейном и массой автомобиля. Проверка исправности контактно-транзисторной системы зажигания на двигателе может быть произведена:

по искре в воздушном зазоре между проводом высокого напряжения и массой двигателя, которая при размыкании контактов прерывателя должна пробивать зазор 3—5 мм; если высокого напряжения нет, то следует проверить цепь низкого напряжения. При включенном зажигании и разомкнутых контактах прерывателя вольтметром или контрольной лампочкой проверяют напряжение между клеммами (включателя зажигания, амперметра, добавочного сопротивления катушки зажигания, транзисторного коммутатора) и массой. Лампочка должна гореть. От клеммы «Р» транзисторного коммутатора лампочка 12В (Зсв) горит вполнакала (ввиду малой величины тока управления транзистором).

В процессе эксплуатации системы зажигания при каждом ТО-2 рекомендуется проверять и устанавливать зазоры между электродами свеч в пределах 0,8—0,9 мм, большие зазоры сокращают срок службы свечей и могут привести к преждевременному пробою высоковольтных изолирующих деталей.

Следует более тщательно следить за чистотой контактов прерывателя, так как небольшой ток управления не пробивает масляной пленки или образовавшейся (при длительном бездействии) окиси металла на контактах.

Запрещается оставлять включенным зажигание при работающем двигателе, а также закорачивать добавочные сопротивления при пуске или в случае перегрева.

3. Электропусковые системы

С внедрением генераторов переменного тока усложнилась схема автоматизации выключения (блокировки) стартера после запуска двигателя.

На рис. 32 приведена схема системы электрического пуска дизеля Д-50. В нее включены: две аккумуляторные батареи ЗСТ-195ЭМЗ, стартер типа СТ-212 (мощность 4,5 л. с.), четыре свечи накаливания СНД-100-БЗ, контрольный элемент свечей накаливания ПД-51, трехпозиционный выключатель свечей накаливания и стартера ВК316-Б, генератор Г-304А1, реле блокировки стартера РБ1, промежуточное реле стартера РС-502 и выключатель массы ВК318-Б.

Реле блокировки РБ1 служит для автоматического выключения стартера после запуска двигателя и предотвращения случайных включений его при работающем двигателе. Оно состоит из обычного электромагнитного реле с нормально замкнутыми контактами и полупроводникового выпрямителя ПВ. На сердечнике реле находятся две обмотки: основная О и вспомогательная В. На корпусе реле имеется пять клеммных выводов: «РС», «ЛК», «М» и две клеммы, обозначенные значком «~». Клеммы «~» служат для подведения переменного тока от двух фаз генератора к выпрямителю ПВ. Выпрямленный ток питает основную обмотку реле. Вспомогательная обмотка соединена с клеммами «РС» и «ЛК». Кроме того, с клеммой «ЛК» соединен изолированный контакт реле, а неизолированный контакт якорька реле соединен с клеммой «М» и массой генератора.

Тяговое реле стартера СТ-212 получает питание через нормально разомкнутые контакты реле РС-502, а обмотка промежуточного реле — через нормально замкнутые контакты реле блокировки. При работающем двигателе по основной обмотке реле блокировки течет

по цепи: плюсовая клемма аккумуляторной батареи, клемма «+» стартера, клемма «+» включателя ВК316-Б, клемма «С», дополнительное сопротивление СЭ-50В, контрольный элемент свечей накаливания, свечи накаливания, масса, минусовая клемма батареи. Происходит нагревание свечей.

При переводе включателя ВК316-Б в положение II (включение стартера) соединяются все его клеммы и ток идет по следующим направлениям:

а) в цепь свечей накаливания по описанному ранее пути, но минуя закороченные клеммами «С» и «ЗК» дополнительное сопротивление;

б) в обмотку реле стартера РС-502 по цепи: «плюс» аккумуляторной батареи, клемма «+» стартера, клеммы «+» и «СТ» включателя ВК316-Б, клемма «РС» реле блокировки, клемма «К» реле РС-502, обмотка реле, клемма «ЛК» реле блокировки, контакты реле блокировки, масса, «минус» аккумуляторной батареи — контакты реле РС-502 замыкаются;

в) во вспомогательную обмотку В реле блокировки по цепи: «плюс» аккумуляторной батареи, клемма «+» стартера, клеммы «+» и «СТ» включателя ВК316-Б, клемма «РС» реле блокировки, сопротивление R^H , обмотка В, контакты реле, масса, «минус» аккумуляторной батареи;

г) в обмотки тягового реле стартера ток идет по следующему пути: «плюс» аккумуляторной батареи, клемма «+» стартера, клеммы «+» и «С» включателя ВК316-Б, клемма «Б», контакты и клемма «С» реле РС-502, клемма стартера и далее по двум параллельным ветвям: удерживающая обмотка УО и масса, втягивающая обмотка ВО тягового реле, обмотка возбуждения и якорь стартера, масса и «минус» аккумуляторной батареи. Плунжер тягового реле втягивается через серьгу и рычаг вводит приводную шестерню в зацепление с венцом маховика и замыкает контакты стартера. При замыкании контактов включается основной ток питания стартера и закорачивается втягивающая обмотка ВО;

д) ток питания стартера идет по цепи: «плюс» аккумуляторной батареи, клемма «+» стартера, контактный болт, контактный диск, второй контактный болт, клемма на корпусе стартера, обмотка возбуждения: изолированные щетки, якорь, щетки, соединенные с массой, «минус» аккумуляторной батареи. Стартер включается и вращает коленчатый вал двигателя.

После пуска двигателя и увеличения его оборотов повышается выпрямленное напряжение генератора, питающее основную обмотку О реле блокировки. При 600—750 оборотах в минуту двигателя напряжение становится достаточным для срабатывания реле блокировки. Сердечник притягивает якорек и размыкает контакты реле. В этот момент гаснет лампочка ЛК, обесточивается промежуточное реле РС-502, контакты размыкают ток в тяговом реле и стартер выключается.

При размыкании контактов реле РБ1 обесточивается вспомогательная обмотка его, которая создавала магнитный поток, противоположно направленный потоку основной обмотки. При этом магнитный поток сердечника увеличивается на величину исчезнувшего потока вспомогательной обмотки, чем обеспечивается четкое размыкание контактов и устраняется зуммер.

Схема системы пуска трактора Т-25 подобна описанной. Она отличается лишь применением других типов аккумуляторных батарей (ЗТСТ-135ЭМС), стартера (СТ-222, мощность 2,8 л. с.), свечи накаливания (СН-150) и добавочного сопротивления (СЭ52). Остальные элементы схемы такие же, как на тракторе «Беларусь». Клеммы «~» реле блокировки соединены одна с выводом «~» генератора, вторая — с клеммой «В» реле-регулятора.

4. Правила эксплуатации, проверка и уход за системами пуска

Система пуска требует отдачи от аккумуляторной батареи большого тока. В частности, стартер СТ-212 на холостом ходу потребляет около 120 А, а при полном торможении — 1300 А, свечи накаливания трактора МТЗ-50 потребляют 45—50 А. Поэтому надежность работы системы пуска в большой степени зависит от заряженности аккумуляторной батареи и сопротивлений в контактах электрической цепи.

Не допускается разряд аккумуляторных батарей зимой более чем на 25%, а летом — более чем на 50%.

Узлы системы пуска, особенно стартер и свечи накаливания, должны быть надежно закреплены. Свечи накаливания следует периодически подтягивать с усилием 6—7 кгм, чтобы исключить утечку газов. Запрещается включать свечи накаливания без контрольного элемента и дополнительного сопротивления, а также пользоваться

случайными, не отвечающими техническим условиям, их заменителями.

Во время эксплуатации необходимо содержать систему пуска в чистоте, предохраняя ее от попадания воды, масла и топлива. В случае замазывания коллектора стартера коллектор протирают чистой тряпочкой, смоченной в бензине. Если коллектор подгорел, его защищают мелкой стеклянной шкуркой с последующей продувкой стартера сжатым воздухом. Не следует путать подгар с естественным, светло-серого цвета ровным слоем политуры, которую с коллектора не удаляют. Большое подгорание и выработку коллектора снимают на станке. При этом биение коллектора не должно превышать 0,05 мм по индикатору.

Подгар контактных болтов тягового реле стартера устраняют при помощи стеклянной шкурки или личного напильника с последующей продувкой сжатым воздухом. Если контактные болты имеют большой подгар или сильно изношены в местах касания с контактным диском, то их поворачивают вокруг оси на 180°, а контактный диск переворачивают для замыкания другой стороной.

После разборки или ремонта работу стартера проверяют на холостом ходу. Аккумуляторная батарея для проверки должна быть заряжена не менее чем на 75%. Якорь стартера должен вращаться со скоростью не менее 5000 об/мин и потреблять ток не более 120 А.

Замыкание контактов тягового реле стартера СТ-212 должно происходить при зазоре 2—4 мм между шестерней привода и торцом упорной гайки, расположенной у задней опоры вала стартера. После замыкания контактов стартера плунжер тягового реле должен иметь дополнительное перемещение не менее 1,5 мм. Момент замыкания контактов регулируется перемещением серьги, соединяющей плунжер реле с рычагом отводки.

У стартера СТ-222 при крайнем включенном положении якоря тягового реле зазор между торцом приводной шестерни и упорной гайкой должен быть в пределах 2—3 мм. Регулируется зазор поворотом эксцентриковой оси рычага перемещения шестерни привода.

Щетки в щеткодержателях должны двигаться свободно, а давление пружин на щетки должно находиться в пределах 7,5—10,0 Н (0,75—1,0 кг) для стартера СТ-212 и 17,0—21,0 Н (1,7—2,1 кг) для СТ-222. Давление щеток проверяется при помощи пружинного динамометра. Изношенные щетки заменяются новыми.

При пуске холодного двигателя сначала включают свечи накаливания, затем через 15—30 с, когда контрольный элемент свечей нагреется до ярко-красного цвета, включают стартер не более чем на 15 с.

Если двигатель с первой попытки не завелся, то повторные включения стартера (не более трех раз) следует производить с интервалами не менее чем через 30—40 с. Если после трех-четырех включений стартера двигатель не завелся, то следует найти и устранить причину плохого пуска.

После появления отдельных вспышек рекомендуется свечи накаливания держать включенными до начала устойчивой работы двигателя, но не более 20 с. При пуске горячего двигателя предварительное включение свечей накаливания производить не следует.

Системы пуска двигателей ЗИЛ-130 и ГАЗ-53А не имеют реле блокировки. В шумных условиях, когда работа двигателя на холостом ходу не слышна, возможны нежелательные случайные включения стартера при работающем двигателе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобиль ЗИЛ-130 и его модификации. Инструкция по эксплуатации. М., «Машиностроение», 1970.
2. Боровских Ю. И. Электрооборудование автомобилей. М., «Транспорт», 1971.
3. Галкин Ю. М. Электрооборудование автомобилей и тракторов. М., «Машиностроение», 1967.
4. Гершунский Б. С. Основы полупроводниковой и электронной техники. Издательство Киевского университета, 1967.
5. Глезер Г. Н., Опарин И. М., Хейман Э. Л. Электронные системы зажигания автомобилей. М., «Машиностроение», 1967.
6. Жеребцов И. П. Основы электротехники. М., «Энергия», 1967.
7. Зубарев А., Светлова Н. Контактно-транзисторная система зажигания автомобиля ЗИЛ-130. — «Автомобильный транспорт», 1967, № 9.
8. Моргулев А. С., Сонин Е. К. Полупроводниковые системы зажигания. М., «Энергия», 1968.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
I. Полупроводниковые приборы, применяемые в электрооборудовании	5
1. Общие сведения	5
2. Диоды	8
3. Триоды	14
II. Принцип действия систем электрооборудования с полупроводниковыми приборами	20
1. Принцип действия генераторов переменного тока	20
2. Выпрямители	24
3. Контактный транзисторный регулятор напряжения	26
4. Бесконтактный транзисторный регулятор напряжения	31
5. Электронные системы зажигания	32
III. Конструкции генераторов переменного тока и реле-регуляторов с полупроводниковыми приборами	35
1. Классификация и характеристика генераторов переменного тока	35
2. Генераторы Г-304А1 и Г-305 с реле-регулятором РР-362Б	37
3. Генератор Г-302Б с реле-регулятором РР-362Б	45
4. Генератор Г-250И1 с регулятором напряжения РР-350А	47
5. Основные правила эксплуатации генераторов переменного тока и контактно-транзисторных реле-регуляторов	54
6. Уход за генераторами и реле-регуляторами	56
7. Проверка трехфазных генераторов, выпрямителей и реле-регуляторов	58
8. Возможные неисправности генераторных установок переменного тока и способы их устранения	65
IV. Системы зажигания и пуска	70
1. Контактный-транзисторная система зажигания автомобилей ГАЗ-53А, ЗИЛ-130, ЗИЛ-131А	70
2. Правила эксплуатации, проверка и уход за системой зажигания	73
3. Электропусковые системы	74
4. Правила эксплуатации, проверка и уход за системами пуска	77
Л и т е р а т у р а	79