

пряжения аккумуляторных батарей, ток в серийном витке 1 дифференциального реле Р5 изменяет свое направление. В результате этого полярность магнитного поля реле Р5 изменяется и якорек перебрасывается в другое крайнее положение, при котором контакты реле Р5 замыкаются и контактор отключает генератор, реле Р2 и Р1 от сети. При этом обмотка 2 дифференциального реле переключается с клеммы генератора на клемму СЕТЬ и шунтируется добавочным сопротивлением. Реле Р4 срабатывает и разрывает цепь обмотки реле Р5.

Если напряжение на генераторе будет продолжать уменьшаться и станет меньше 5 В, то сработает реле Р3 на отключение и разомкнет цепь обмотки реле Р4. Контакты реле Р4 замкнутся и дифференциально-минимальное реле придет в исходное положение.

11.1.4. РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ Р-27Л И РН-10

На машинах выпуска до сентября 1971 г. установлены регуляторы напряжения Р-27Л с трансформаторами ТС-9МТ, которые заменены на более поздних выпусках полупроводниковыми регуляторами напряжения РН-10.

Устройство регулятора РН-10

Регулятор предназначен для поддержания в заданных пределах напряжения генератора при изменении скорости вращения его якоря. Он также защищает потребители при выходе из строя элементов регулятора при аварийных режимах. Регулятор бесконтактный, основан на использовании свойств полупроводниковых приборов: транзисторов (триодов) и стабилитронов (диодов).

Свойством транзистора является способность изменять в широких пределах свое сопротивление при изменении полярности и величины напряжения, приложенного к зажимам (эмиттер — база). Транзистор, включенный в цепь обмотки возбуждения генератора, автоматически изменяет полярность и величину управляющего напряжения, чем обеспечивается автоматическое изменение тока возбуждения в зависимости от скорости вращения якоря и поддержание заданного напряжения.

Стабилитрон представляет собой кремниевый диод, обладающий свойством до определенного значения, напряжения, приложенного к нему в обратном (непроводящем) направлении, иметь незначительную проводимость и практически не пропускать ток. Начиная с некоторого значения напряжения, которое называется напряжением стабилизации, проводимость стабилитрона резко повышается и он начинает проводить ток, причем ток значительно повышается почти при постоянном напряжении. Это свойство используется для управления транзистором.

Регулятор установлен в аккумуляторном отсеке сверху на полке. Регулятор смонтирован в алюминиевом корпусе 2 (рис. 248), закрытом двумя крышками 5. На корпусе размещены измерительный блок 1 и два штепсельных разъема (Ш1 и Ш2), из которых Ш1 служит для соединения регулятора с сетью, а Ш2 — для проверки электрического монтажа. На боковой стенке корпуса размещена плата с предохранителями, закрытая крышкой.

Регулятор состоит из измерительного устройства (ИУ), регулирующего устройства (РУ), обратных связей и элементов защиты.

Измерительное устройство выполнено по схеме моста с управляемым транзистором Т1, кремниевым стабилитроном Д1, диодами Д2 и Д3 резисторами R1, R2, R3, R4, R6, R7, R12 и R13.

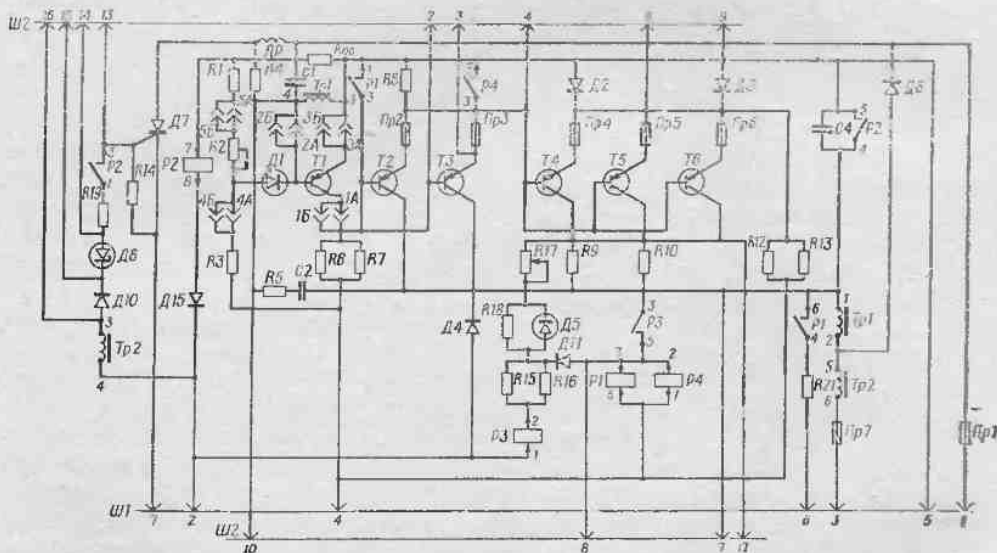
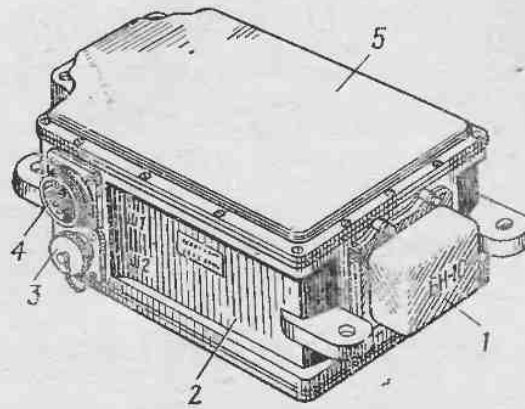


Рис. 248. Общий вид и принципиальная электрическая схема регулятора напряжения РН-10:

1 — измерительный блок; 2 — корпус регулятора; 3 — крышка штепсельного разъема; 4 — штепсельный разъем; 5 — крышка; Д1 — стабилитрон кремниевый измерительного устройства (тип Д814А); Д2 и Д3 — диоды кремниевые регулирующего устройства (тип Д231); Д4 и Д6 — диоды кремниевые (тип Д231); Д5 — стабилитрон кремниевый системы защиты по напряжению (тип Д814Д); Д7 — тиристор системы защиты от коротких замыканий (тип Д223Б); Д8 — стабилитрон кремниевый системы защиты от коротких замыканий; Д10 — диод системы защиты от коротких замыканий; Д11 и Д15 — диоды кремниевые; R1 — резистор измерительного устройства 86 Ом; R2 — резистор переменный измерительного устройства 100 Ом; R3 — резистор 240 Ом; R4 — резистор 36,5 Ом; R5 — резистор 27 кОм; R6, R7, R12 и R13 — резисторы 510 Ом; R9, R10 и R21 — сопротивления 0,14 Ом; R14 — резистор 51 Ом; R15 — терморезистор 75 Ом; R16 — резистор 68,1 Ом; R17 — резистор 150 Ом; R18 — резистор 5,1 кОм; R19 — резистор 150 Ом; R_{ос} — резистор в цепи обратной связи; Др — дроссель воздушный; Т1 — транзистор германиевый измерительного блока (тип П-215); Т2 и Т3 — транзисторы германиевые в составном транзисторе регулирующего устройства (тип П-215А); Т4, Т5 и Т6 — транзисторы германиевые в составном транзисторе регулирующего устройства (тип П-210А); Пр1, Пр2, Пр3, Пр4, Пр5, Пр6 и Пр7 — предохранители; Р1 — реле электромагнитное (тип РЭС-22); Р2 — реле электромагнитное (тип РЭС-6); Р3 — реле электромагнитное (тип РЭС-10); Р4 — реле электромагнитное двухобмоточное; С1 — конденсатор емкостью 20 мкФ; С2 — конденсатор емкостью 0,5 мкФ; С4 — конденсатор; 7, 2, 4, 6, 3, 5 и 1 — контакты штепсельного разъема Ш1; 16, 15, 14, 13, 10, 2, 3, 4, 8, 6, 9, 17 и 7 — контакты штепсельного разъема Ш2

Входным сигналом для измерительного устройства является напряжение генератора, а выходным — напряжение диагонали моста, образованного транзистором Т1, диодами Д2 и Д3, резисторами R6, R7 и R12, R13.

Резисторы R1, R2 и R3 являются сопротивлениями делителя напряжения. Резистор R2 служит для настройки величины поддерживаемого регулятором напряжения генератора. С помощью резистора R4 подается запирающий сигнал на базу транзистора Т1.

На входе транзистора Т1 (эмиттер — база) включен конденсатор С1, который служит для подавления высокочастотных пульсаций напряжения генератора, влияющих на работу измерительного устройства. Измерительное устройство сконструировано в отдельном блоке и может быть заменено независимо от регулятора.

Регулирующее устройство включает составной транзистор Т2—Т6, резисторы R8—R10, трансформатор Тр1, диоды Д2 и Д3, нагруженные на резисторы R12 и R13.

Составной транзистор состоит из вспомогательных транзисторов Т2 и Т3 и силовых транзисторов Т4, Т5, Т6. Применение составного транзистора обеспечивает увеличение коэффициента усиления по току регулирующего устройства и тем самым уменьшает мощность, потребляемую измерительным устройством.

Трансформатор Тр1 обратной связи увеличивает частоту переключения транзисторов.

Эмиттером составного транзистора являются эмиттеры силовых транзисторов Т4, Т5, Т6, а базой — база вспомогательных транзисторов Т2 и Т3.

Резисторы R9 и R10 включены в коллекторную цепь транзисторов Т4, Т5 и Т6 и служат для обеспечения режима насыщения силовых транзисторов в открытом положении.

При открытом составном транзисторе через резистор R8 протекает ток, являющийся сигналом управления силовых транзисторов.

В закрытом положении составного транзистора падение напряжения на диодах Д2 и Д3, вызванное протеканием тока по резисторам R12 и R13, приложено к эмиттерам (через предохранители Пр4, Пр5, Пр6) и базам (через резистор R8) силовых транзисторов в запирающем направлении.

Работа регулятора РН-10

При неработающем двигателе все цепи регулятора (рис. 248) обесточены. При запуске двигателя самовозбуждение генератора начинается за счет остаточного магнетизма его полюсов. При этом входное напряжение измерительного устройства регулятора мало и транзистор Т1 закрыт. Выходное напряжение измерительного устройства практически равно напряжению генератора и является открывающим для составного транзистора Т2—Т6. Таким образом, составной транзистор открыт и по его цепи проходит ток возбуждения генератора.

Наличие в цепи возбуждения диодов Д2 и Д3 затрудняет процесс самовозбуждения генератора при начале вращения якоря. Для устранения этого процесса служит реле Р2, нормально замкнутые контакты 4—5 которого шунтируют диоды Д2 и Д3 и выход составного транзистора, тем самым обеспечивается надежный процесс самовозбуждения генератора. При напряжении генератора 10—18 В контакты 5—4 реле Р2 раз-

мыкаются и дальнейшая работа регулятора проходит под контролем измерительного устройства.

При достижении генератором номинального напряжения (14 В) проводимость стабилитрона Д1 резко возрастает, что приводит к резкому увеличению тока базы транзистора Т1. Транзистор Т1 открывается, полярность выходного напряжения измерительного устройства изменяется, в результате чего закрывается составной транзистор Т2—Т6. При этом внутреннее сопротивление силовых транзисторов Т4, Т5 и Т6 резко увеличивается, чем ограничивается ток возбуждения.

Включение большого сопротивления в индуктивную цепь обмотки возбуждения приводит к значительным перенапряжениям между эмиттерными и коллекторными электродами составного транзистора. Для устранения перенапряжений, возникающих в транзисторах Т2—Т6 при большой скорости уменьшения тока возбуждения, обмотка возбуждения генератора шунтируется диодом Д4, выполняющим функцию разрядного сопротивления для э.д.с. самоиндукции обмотки возбуждения.

С уменьшением напряжения генератора стабилитрон Д1 возвращается в исходное положение, что приводит к закрытию транзистора Т1, и выходное напряжение измерительного устройства увеличивается до величины, необходимой для открывания составного транзистора. Происходит чередование открытия и закрытия составного транзистора.

Регулятор автоматически устанавливает такое соотношение времени открытого и закрытого состояния (скважности) составного транзистора, включенного в цепь возбуждения, при котором напряжение генератора находится в пределах, заданных при регулировке регулятора.

Данная схема регулирования напряжения генератора обеспечивает работу силовых транзисторов в режиме КЛЮЧ, при котором имеет место два стационарных состояния транзистора — открытое и закрытое. В обоих состояниях мощность, рассеиваемая транзисторами, минимальна. Основные тепловые потери в транзисторах выделяются во время периода от одного состояния к другому.

В целях сокращения времени перехода в регуляторе предусмотрена обратная связь (с помощью резистора R5 и конденсатора С2) между регулирующим (коллектор составного транзистора) и измерительным (база транзистора Т1) устройствами. При переходе составного транзистора из закрытого состояния в открытое через конденсатор С2 и резистор R5 на базу транзистора Т1 подается запирающий сигнал, который ускоряет его переключение из открытого состояния в закрытое, что ускоряет переключение составного транзистора.

Для увеличения частоты переключений в регуляторе применена гибкая обратная связь по току возбуждения генератора с помощью трансформатора Тр1, обмотка 3—4 которого включена параллельно переходу эмиттер — база транзистора Т1, а первичная обмотка 1—2 — последовательно в цепь обмотки возбуждения генератора. При уменьшении тока возбуждения во вторичной обмотке 3—4 индуцируется э.д.с., которая приложена к эмиттерному переходу транзистора Т1 в запирающем направлении, что ускоряет переход.

При увеличении тока возбуждения э.д.с. в обмотке 3—4 меняет знак и действует согласно с напряжением, открывающим транзистор Т1.

С помощью резистора R_{ос} осуществляется обратная связь по току возбуждения генератора для компенсации изменения регулируемого напряжения в зависимости от изменения скорости вращения якоря генератора и нагрузки.

Устройство и работа элементов защиты регулятора РН-10

В целях повышения надежности регулятора в нем применено резервирование вспомогательных и силовых транзисторов (горячее резервирование). Все эмиттеры составного транзистора включены через предохранители Пр2 — Пр6 (рис. 248).

Схема защиты по напряжению служит для повышения надежности регулятора. Схема предусматривает исключение из работы вышедшего из строя любого из транзисторов Т2—Т6 (при пробое перехода коллектор—эмиттер). Она включает в себя реле Р1, Р3 и Р4, резисторы R15, R18 и R21, стабилитрон Д5 и диод Д11.

Схема защиты по напряжению подключена параллельно обмотке возбуждения генератора и настраивается на напряжение срабатывания 29,5—33 В резистором R17.

При выходе из строя любого из транзисторов Т2 — Т6 (сопротивление перехода коллектор — эмиттер транзистора близко к нулю) генератор идет на самовозбуждении, т. е. резко возрастает напряжение на обмотке возбуждения.

При достижении на обмотке возбуждения напряжения 29,5—33 В срабатывает реле Р3 и своими контактами 3—5 включает реле Р1 и Р4. Контакты этих реле замыкаются и образуют цепь, которая подает напряжение на предохранитель вышедшего из строя транзистора, и предохранитель перегорает. Эта цепь: контакт 1 штепсельного разъема Ш1/1, предохранитель Пр1, резистор R_{ос}, диоды Д2 и Д3 (или контакты 5—3 реле Р4), предохранитель в цепи аварийного транзистора (Т2—Т6), эмиттер — коллектор аварийного транзистора, резисторы R9 и R10 (при пробое вспомогательного транзистора ток через резисторы R9 и R10 не проходит), контакты 6—4 реле Р1, резистор R21 и контакт 6 штепсельного разъема Ш1/6 (контакт 1 штепсельного разъема Ш1 соединен с плюсом генератора, а контакт 6 — с «массой»).

При сгорании предохранителя размыкается цепь и выключается вышедший из строя транзистор. Регулятор продолжает поддерживать напряжение генератора в заданных пределах.

При срабатывании реле Р1 и Р4 через контакты 1—3 реле Р1 и контакты 5—3 реле Р4 подается запирающий сигнал на базы составного транзистора и запирает работоспособные транзисторы на время сгорания предохранителя. Резистор R21 ограничивает ток при сгорании предохранителя.

Во время сгорания предохранителя за счет падения напряжения в проводах и элементах регулятора возможно снижение напряжения ниже 29,5—33 В. В этом случае для надежного удержания реле Р3 во включенном состоянии обеспечивается подпитка его обмотки через его контакты 3—5 и диод Д11 и шунтируются резисторы R17, R18 и стабилитрон Д5.

Схема защиты регулятора от внешних коротких замыканий обмотки возбуждения генератора на массу включает тиристор Д7, дроссель Др, резисторы R14 и R19, диод Д10, стабилитрон Д8, трансформатор Тр2 и предохранители Пр1 и Пр7.

Тиристор представляет собой кремниевый четырехслойный полупроводниковый прибор, обладающий меньшей инерционностью по сравнению с транзистором.

При замыкании обмотки возбуждения генератора на «массу» ток протекает через первичную обмотку 5—6 трансформатора Тр2, и во вторичной его обмотке 3—4 индуцируется э.д.с., которая приложена к управляющему электроду тиристора Д7 в открывающем направлении. Тиристор открывается и ток по цепи плюс генератора (клемма Я), контакт 1 штепсельного разъема Ш1, предохранитель Пр1, дроссель Др, тиристор

Д7 и контакт 7 штепсельного разъема Ш1 поступает на «массу». При этом сгорает предохранитель Пр1 и регулятор отключается от генератора.

Стабилитрон Д8 служит для предотвращения открывания тиристора Д7 под воздействием импульсного изменения тока возбуждения во вторичной обмотке трансформатора Тр2.

Резистор R19 предназначен для ограничения тока управления тиристора, а R14 — для выравнивания потенциалов управляющего электрода и катода тиристора при работе регулятора.

Диод Д10 является элементом однополупериодной схемы выпрямления.

Дроссель Др ограничивает скорость нарастания тока, проходящего через тиристор при сгорании предохранителя Пр1.

Контакты 1—3 реле Р2 служат для подключения цепи управления тиристорной защиты после вступления в работу регулирующего устройства (после размыкания контактов 5—4 реле Р2).

В схеме предусмотрена защита регулятора от выхода из строя при замыкании обмотки возбуждения генератора на клемму Я генератора. При таком замыкании напряжение в обмотке возбуждения быстро растет и срабатывает защита по напряжению. При этом контакты 1—3 реле Р1 размыкаются и закрывают составной транзистор. Замыкание контактов 6 и 4 реле Р1 приводит к созданию цепи: клемма Я генератора, контакт 3 штепсельного разъема Ш1, предохранитель Пр7, обмотка 6—5 трансформатора Тр2, обмотка 2—1 трансформатора Тр1, контакты 6—4 реле Р1, резистор R21, контакт 6 штепсельного разъема Ш1 и «масса».

При прохождении тока по этой цепи сгорает предохранитель Пр7, происходит резкое изменение тока в первичной обмотке Тр2, а в его вторичной обмотке индуцируется э.д.с., которая подведена к управляющему электроду тиристора Д7 в открывающем направлении. Тиристор Д7 открывается и создает цепь: плюс генератора, контакт 1 штепсельного разъема Ш1, предохранитель Пр1, дроссель Др, тиристор Д7, контакт 2 штепсельного разъема Ш1 и «масса». При прохождении тока по этой цепи сгорает предохранитель Пр1, регулятор отключается от цепи и разрывает цепь генератора, проходящую через предохранитель Пр1.

Генератор ВГ-7500 при больших перегрузках или резких изменениях тока в обмотке якоря может иногда перемагничиваться, в результате чего изменяется полярность на его клеммах. При этом образуется цепь: клемма минус генератора, контакт 2 разъема Ш1, диод Д4, коллектор — база транзисторов Т2 и Т3, коллектор — база транзистора Т1, резистор R4, дроссель Др, предохранитель Пр1, контакт 1 разъема Ш1, клемма Я генератора. По этой цепи мог бы длительно протекать ток и вывести из строя резистор R4 и транзистор Т1. В целях предохранения в цепь обмотки реле Р2 включен диод Д15, предотвращающий включение реле Р2 при изменении полярности генератора. В этом случае контакты 4—5 реле Р2 не размыкаются и шунтируют регулирующее и измерительное устройства.

При скорости вращения якоря генератора более 2000 об/мин напряжение достигает такой величины, что предохранитель Пр1 сгорает и отключает регулятор от генератора. Это происходит в результате протекания тока по цепи: клемма минус генератора, контакт 2 разъема Ш1, диод Д4, контакты 4—5 реле Р2, резистор R_{ос}, предохранитель Пр1, контакт разъема Ш1, клемма Я генератора.

Принципиальная схема включения дифференциально-минимального реле ДМР-400Т и регулятора напряжения РН-10 в сеть источников питания показана на рис. 249.

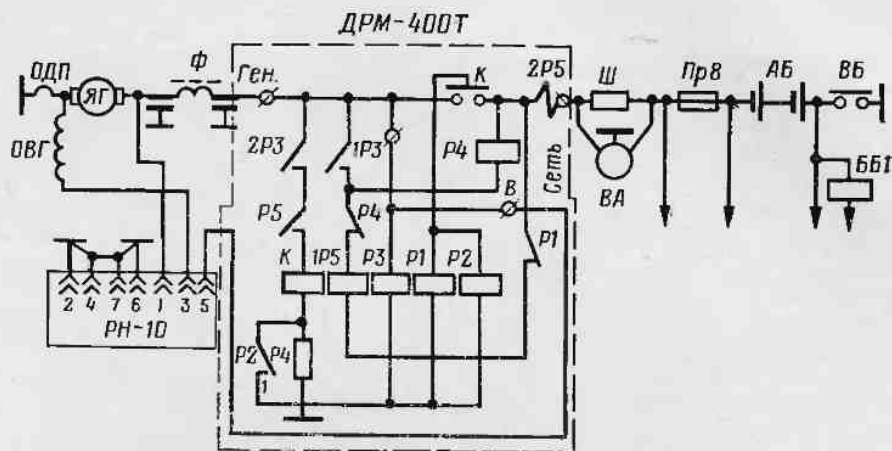


Рис. 249. Принципиальная схема цепей источников питания машины:
 ОВГ — обмотка возбуждения генератора; ОДП — обмотка дополнительных полюсов генератора; ЯГ — якорь генератора; РН-10 — регулятор напряжения; Ф — фильтр радиомех; ДРМ-400Т — дифференциально-минимальное реле; К — контактор включения генератора; P1, P2, P3 и P4 — коммутационные реле; P5 — дифференциальное реле; IP5 — обмотка дифференциального реле; 2P5 — серийный виток дифференциального реле; ВА — вольтамперметр; Ш — шунт вольтамперметра; Пр8 — предохранитель; АБ — аккумуляторная батарея; ВБ — выключатель аккумуляторных батарей; ББ1 — контактор включения батарей

Устройство регулятора напряжения Р-27Л

Регулятор угольный, собран из набора угольных дисков.

Принцип действия регулятора основан на свойстве угольного столба 6 (рис. 250) изменять сопротивление с изменением сжимающей силы. Регулятор установлен в аккумуляторном отсеке над левой аккумуляторной батареей.

Регулятор состоит из электромагнита с сердечником 3 и двумя обмотками 2, якоря 5 с пластинчатой пружиной 4 и угольного столба 6. Угольный столб включен последовательно в цепь обмотки возбуждения генератора. Сжимающее угольный столб усилие создается с помощью электромагнита. К основной обмотке электромагнита подсоединена обмотка якоря генератора.

Угольный столб 6 установлен в алюминиевом корпусе 7 с охлаждающими ребрами. Столб одним концом упирается в регулировочный винт 8, а к другому концу прижат своим упором якорь 5 электромагнита, на который воздействует пластинчатая пружина 4. Предварительное натяжение пружины обеспечивается регулировочным винтом 8, с помощью которого устанавливают минимальное сжатие, а тем самым сопротивление угольного столба.

Величина зазора между сердечником 3 и его якорем 5 устанавливается поворотом сердечника.

Работа регулятора Р-27Л

При работе генератора Г ток через угольный столб поступает в обмотку возбуждения ОВ. Ток i_0 якоря генератора, проходящий через основную обмотку О регулятора, зависит от напряжения генератора. От величины тока i_0 , в свою очередь, зависит сила электромагнита, т. е. сила притяжения сердечником 3 якоря 5 электромагнита, которой противодействует сила пружины. Сила электромагнита уменьшает сжатие угольного столба и тем самым увеличивает его сопротивление. При уста-