



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум

Часть 1

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Минск 2010

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» по направлениям
1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей.

Автотранспорт общего и личного пользования», 1-37 01 06-02
«Техническая эксплуатация автомобилей. Военная автомобильная
техника», 1-37 01 07 «Автосервис», 1-08 01 01 «Профессиональное
обучение» по направлению 1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение.
Автомобильный транспорт»

В 3 частях

Часть 1

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

М и н с к 2 0 1 0

УДК 629.113.6.004

ББК 39.33-08я7

Э 45

С о с т а в и т е л и:

А.С. Гурский, А.В. Казацкий

Р е ц е н з е н т ы:

профессор кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей»
Белорусского национального технического университета *Е.Л. Савич*;
старший преподаватель кафедры «Техническая эксплуатация
автомобилей» Белорусского национального технического
университета *Г.А. Самко*

Э 45 Электрооборудование автомобилей: лабораторный практикум для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» по направлениям 1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей. Автотранспорт общего и личного пользования», 1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей. Военная автомобильная техника», 1-37 01 07 «Автосервис», 1-08 01 01 «Профессиональное обучение» по направлению 1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение. Автомобильный транспорт»: в 3 ч. / сост. А.С. Гурский, А.В. Казацкий. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч. 1: Система электроснабжения. – 96 с.

В части 1 «Система электроснабжения» лабораторного практикума «Электрооборудование автомобилей» изложены методические указания к лабораторным работам по техническому обслуживанию, диагностированию и устранению неисправностей системы электроснабжения в целом, а также отдельных агрегатов, узлов, механизмов. Даны рекомендации по применению стендов, приборов и приспособлений для обслуживания системы электроснабжения и отдельных ее частей.

Практикум предназначен для студентов высших учебных заведений, однако его можно использовать при проведении лабораторных и практических занятий в колледжах и других средних специальных учебных заведениях автотранспортного профиля.

ISBN 978-985-525-173-7 (Ч. 1)
ISBN 978-985-525-174-4

© БНТУ, 2010

Лабораторная работа № 1

УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Цель работы: изучить конструкцию стартерных аккумуляторных батарей, их технические характеристики, диагностирование, обслуживание и ремонт.

1. Общие сведения

1.1. Назначение и маркировка аккумуляторной батареи

Стартерная аккумуляторная батарея служит для питания всех потребителей электрической энергии автомобиля при неработающем двигателе (стартера, системы зажигания, освещения и т.д.), при работе его на малой частоте вращения коленчатого вала, а также для питания потребителей совместно с генераторной установкой в случае превышения потребляемой мощности над отдаваемой мощностью генераторной установки.

Основными требованиями, предъявляемыми к автомобильным аккумуляторным батареям, являются:

- малое внутреннее сопротивление;
- большая емкость при малых объеме и массе;
- устойчивость к низкой температуре;
- простота обслуживания;
- высокая механическая прочность;
- длительный срок службы;
- незначительный саморазряд;
- невысокая стоимость;
- отдача большой силы тока при малом падении напряжения при запуске холодного двигателя стартером.

Аккумуляторные батареи по конструктивным признакам в соответствии с ГОСТ 959-91 Е делятся на три группы: 1) обслуживаемые; 2) малообслуживаемые; 3) необслуживаемые.

Аккумуляторные батареи маркируются следующим образом: первая цифра 3 или 6 указывает количество последовательно соединенных в батарее аккумуляторов, буквы СТ, – что батарея стартерная, а число, стоящее после букв, – номинальную емкость батареи в

ампер-часах при десятичасовом непрерывном режиме разряда и средней температуре электролита. Маркировка аккумуляторных батарей включает также условные обозначения, характеризующие материал бака (Э – эбонит, П – асфальтопечковая пластмасса; Т – термопласт); материал сепараторов (М – поливинилхлорид типа «мипласт», МС – «мипласт» и стекловолок, Р – мипор, Ф – хладостойкая мастика); дополнительные сведения об использовании батареи (Н – несухозаряженная, З – залитая электролитом и заряженная; Л – необслуживаемая).

Например, условное обозначение 6СТ70 ПМ указывает, что батарея состоит из шести последовательно соединенных аккумуляторов, предназначена для питания стартера (СТ), номинальная емкость батареи – 70 А-ч, бак изготовлен из асфальтопечковой пластмассы (П), а сепараторы – из «мипласта» (М).

Кроме условного обозначения по ГОСТ 18620-86 Е маркировка батареи должна содержать: товарный знак завода-изготовителя, знаки полярности «+» и (или) «-», месяц и год изготовления, массу батареи в состоянии поставки. На аккумуляторных батареях с общей крышкой дополнительно маркируют номинальную емкость в ампер-часах и номинальное напряжение в вольтах. Если ток стартерного разряда превышает номинальную емкость более чем в три раза, то его значение также указывается в составе маркировочных данных.

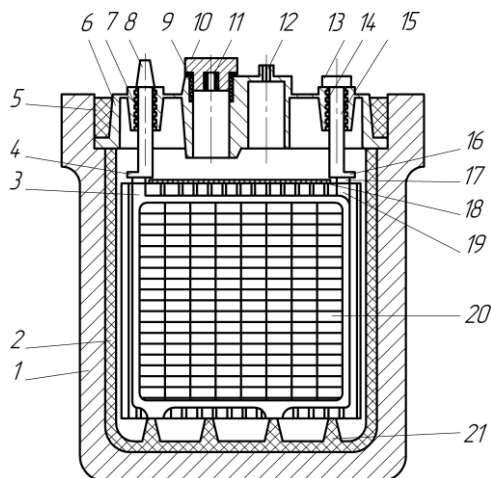
1.2. Устройство аккумуляторной батареи

Обслуживаемые аккумуляторные батареи собираются в корпусах с отдельными крышками в одном эбонитовом или пластмассовом сосуде – моноблоке, разделенном перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее.

Устройство одного из элементов обслуживаемой аккумуляторной батареи представлено в виде разреза на рисунке 1.1.

Баки аккумуляторных батарей изготавливают из эбонита, полиэтилена или пластмассы. Внутри баков из асфальтопечковой массы запрессовывают кислотостойкие вставки 2.

На дне баков выполнены ребра 21, на которых опираются полублоки положительных и отрицательных пластин 20.



1 – бак; 2 – кислотостойкая вставка; 3 и 17 – ушки пластин; 4 и 16 – баретки; 5 – мастика; 6 – крышка; 7 и 14 – свинцовые втулки; 8 и 15 – выводные штыри; 9 – резиновая прокладка; 10 – пробка; 11 – резиновая втулка; 12 – газоотводное отверстие; 13 – межэлементное соединение; 18 – предохранительный щиток; 19 – сепаратор; 20 – пластина; 21 – ребро бака

Рисунок 1.1 – Разрез свинцового аккумулятора

В пространстве между ребрами скапливается оседающая с течением времени активная масса пластин, что на некоторое время предупреждает замыкание шламом разноименных пластин.

В крышках 6 баков некоторых типов батарей, изготавливаемых из эбонита, имеются три отверстия: два крайних для выводных штырей 8 и 15 блока пластин и одно заливное, закрываемое резьбовой пробкой 10, имеющей резиновую прокладку 9 и резиновую втулку 11. В два крайних отверстия для надежного уплотнения выводных штырей при изготовлении крышек закрепляют свинцовые втулки 7 и 14. В крышках аккумуляторов некоторых типов батарей имеется четвертое отверстие 12, служащее для сообщения внутренней полости бака с атмосферой. К штырям 8 и 15 приварены межэлементные соединения 13 и верхняя часть свинцовых втулок. Герметичность стыка крышек со стенками баков обеспечивается кислотоупорной мастикой 5. Внутри каждого отсека бака устанавливаются блоки, состоящие из двух полублоков разноименных пластин с сепараторами между ними. Для увеличения емкости и уменьшения внутреннего со-

противления аккумулятора к бареткам 4 и 16 приваривают несколько одноименных пластин с помощью ушек 3 и 17. Решетки пластин отливают из антикоррозионного сплава, содержащего 92–94 % свинца, 6–7 % сурьмы и 0,2–0,3 % мышьяка, который имеет повышенную механическую прочность.

Для увеличения емкости аккумулятора в ячейки решеток введена активная масса, изготовленная из свинцового порошка и раствора серной кислоты для отрицательных пластин и из свинцового сурика Pb_3O_4 , свинцового порошка, свинцового глета PbO и раствора серной кислоты для положительных пластин. Рецепт и технология приготовления активной массы все время совершенствуются в направлении повышения емкости, прочности и долговечности пластин.

Активная масса пластин обладает большой пористостью, поэтому площадь рабочей поверхности, соприкасающейся с электролитом, увеличивается, и в результате возрастает емкость аккумулятора.

В активную массу отрицательных пластин при ее изготовлении добавляют до 3 % расширителей (сернокислый барий, дубитель, гуминовая кислота, торф, обработанный серной кислотой, и др.), предотвращающих усадку и быстрое затверждение активной массы. Вследствие этого ограничивается уменьшение проходного сечения пор в активной массе при эксплуатации аккумуляторной батареи и связанное с этим преждевременное уменьшение емкости и снижение срока службы пластин.

Активная масса пластин вводится в решетки с обеих сторон, после чего пластины прессуют и просушивают. Просушенные пластины помещают в баки с электролитом, состоящим из раствора серной кислоты в воде, и заряжают малой силой тока. Этот процесс называется формированием. Затем большая часть активной массы положительных пластин превращается в диоксид свинца PbO_2 (темно-коричневого цвета), а отрицательных – в губчатый свинец Pb (серого цвета), вследствие чего емкость аккумулятора увеличивается до номинальной величины. Заводы выпускают аккумуляторные батареи с сухими заряженными пластинами.

Для увеличения срока службы аккумуляторных батарей решетки положительных пластин, прочность которых в результате окисления при заряде уменьшается, изготавливают большей толщины, чем отрицательных.

Для уменьшения коробления крайней положительной пластины вследствие значительного изменения объема ее активной массы при превращении PbO_2 в PbSO_4 отрицательных пластин в блоке всегда устанавливают на одну больше, чем положительных, поэтому обе стороны крайней положительной пластины подвергаются одинаковому давлению.

Сепараторы изготавливают из микропористой пластмассы (мипласта), микропористого эбонита (мипора), пенопласта, стекловолокла и др.

Одна сторона сепараторов имеет ребра, которые обращены к положительным пластинам. При использовании сдвоенных сепараторов к положительным пластинам обращен стекловолок. При такой установке сепараторов уменьшается оползание активной массы, а также обеспечивается лучший доступ электролита в поры активной массы положительных пластин и улучшается циркуляция электролита у положительных пластин; тем самым снижается внутреннее сопротивление и повышается емкость аккумулятора.

Над сепараторами в каждом аккумуляторе устанавливают тонкий перфорированный предохранительный щиток 18 из хлорвинила, винипласта или другого кислотостойкого материала для защиты кромок сепараторов от механических повреждений при измерении плотности, температуры и уровня электролита.

Диаметр положительного вывода аккумуляторной батареи больше, чем отрицательного. Это исключает неправильное подключение батареи. В некоторых случаях полюсные выводы имеют отверстия под болт. Герметизация батареи в местах сопряжения крышек со стенками и перегородками моноблока обеспечивается битумной заливочной мастикой.

Малообслуживаемые батареи изготавливают в пластмассовых моноблоках. Эластичность пластмассы позволяет соединять аккумуляторы в батарею сквозь отверстия в перегородках моноблока. Это дает возможность на 0,1...0,3 В повысить напряжение батареи при стартерном разряде и уменьшить расход свинца в батарее на 0,5...3 кг. Применение термопластичных пластмасс позволило значительно снизить массу корпуса батареи. Использование пластмассового моноблока и общей крышки позволило применить герметизацию батареи методом контактно тепловой сварки, что обеспечивает надежную герметичность при температурах от минус 50 до

плюс 70 °С. На рисунке 1.2 приведена в разрезе конструкция малообслуживаемой аккумуляторной батареи.

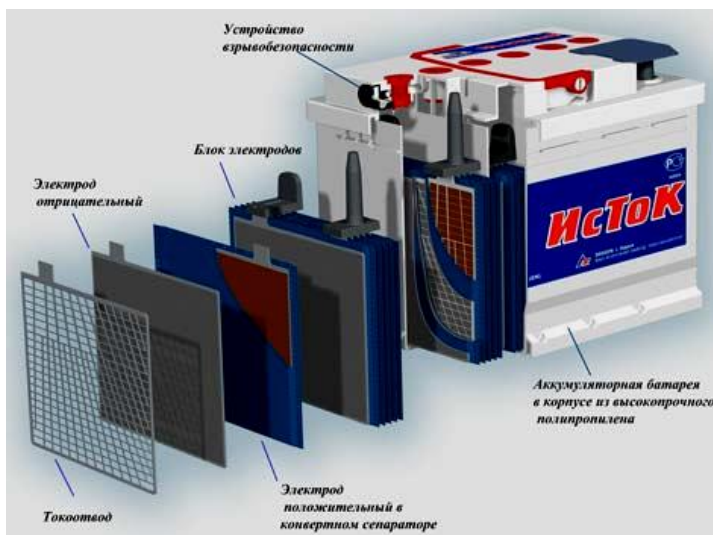


Рисунок 1.2 – Конструкция малообслуживаемой аккумуляторной батареи

Аккумуляторная батарея состоит из шести последовательно соединенных аккумуляторов, размещенных в общем корпусе (моноблоке). Корпус изготовлен из полипропилена и разделен непроницаемыми перегородками на шесть отсеков. Крышка, общая для всего корпуса, также изготовлена из полипропилена и приварена к корпусу ультразвуковой сваркой. В малообслуживаемых батареях содержание сурьмы в сплаве токоотводов снижено в 2–3 раза по сравнению с обслуживаемыми батареями. Некоторые производители к малосурьмянистому свинцу добавляют различные легирующие вещества, в частности, серебро и селен, что обеспечивает заряд батареи в интервале регулируемого напряжения практически без газовыделения. Вместе с тем скорость саморазряда необслуживаемой батареи снижена примерно в 5–6 раз. Малообслуживаемая батарея имеет улучшенную конструкцию: один из аккумуляторных электродов в ней помещен в сепаратор-конверт, опорные призмы удалены, электроды установлены на дно моноблока. Благодаря этому уменьшается количество и одновременно увеличивается уровень

электролита в аккумуляторной батарее. Поэтому доливка воды в такую батарею необходима реже, чем 1 раз в 1,5–2 года.

Необслуживаемые батареи отличаются малым расходом воды и не требуют ее долива в течение всего срока службы. Вместо сурьмы в сплаве решеток аккумуляторов используется другой элемент. Например, применение кальция позволило уменьшить газовыделение более чем в десять раз. Столь медленное «выкипание» большого объема воды можно «растянуть» на весь срок службы аккумуляторной батареи, вообще отказавшись от заливных отверстий и доливки воды.

Необслуживаемые батареи другого типа вместо электродных пластин включают в свой состав электроды, скрученные в плотные рулоны. Между электродами проложен тонкий сепаратор, пропитанный электролитом. При плотной упаковке электроды не требуют упрочнения сурьмой. Электролит в таких батареях связан губчатой прокладкой и не вытекает даже при повреждении корпуса батареи. При непродолжительном перезаряде газы, проходя по каналам сепаратора, вступают в реакцию и превращаются в воду. При длительном перезаряде газы, не успев прореагировать друг с другом, выходят через предохранительный клапан. Количество электролита в этом случае будет уменьшаться. Для своевременного предотвращения перезаряда в автомобиле необходимо устанавливать сигнализатор аварийного напряжения. Аккумуляторы, изготавливаемые по данной технологии, получили название «спиральные элементы» (Spiral Cell). Их преимущества: большой ток холодной прокрутки, стойкость к вибрациям и ударам, большое число циклов пуска двигателя (в три раза больше, чем у традиционных батарей), малый саморазряд (срок хранения без подзарядки – более года). Такие аккумуляторные батареи имеют обозначение VRLA.

1.3. Приготовление электролита

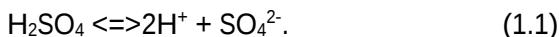
Электролит приготавливают из очищенной аккумуляторной серной кислоты и дистиллированной воды. Нельзя применять техническую серную кислоту и недистиллированную воду, так как при этом ускоряются саморазряд, сульфатация и разрушение пластин, что приводит к преждевременному выходу из строя аккумуляторной батареи.

Приготавливая электролит, необходимо серную кислоту вливать тонкой струей в воду, одновременно помешивая раствор чистой стеклянной палочкой. Нельзя вливать воду в кислоту, так как при

этом выделяется большое количество тепла в верхних слоях раствора и электролит будет сильно разбрызгиваться из сосуда. Смешивать компоненты следует в стеклянной, эбонитовой, фарфоровой или оцинкованной посуде. Новые аккумуляторные батареи заливают электролитом плотностью на 0,02 меньше той, которая должна быть в момент завершения заряда.

1.4. Химические основы работы аккумуляторов

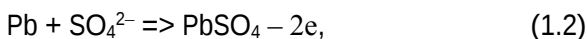
Как уже отмечалось ранее, в заряженном аккумуляторе активная масса положительных пластин состоит из диоксида свинца PbO_2 темно-коричневого цвета, а активная масса отрицательных пластин – из губчатого свинца Pb серого цвета. Серная кислота в воде ассоциирует и диссоциирует:



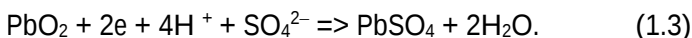
В заряженных аккумуляторах плотность электролита, приведенная к 15 °С, не должна превышать: 1,31 г/см³ (зимой) и 1,27 (летом) для районов с температурой зимой ниже –40 °С; 1,29 в течение всего года для северных районов с температурой до –40 °С; 1,27 в течение всего года для районов с температурой зимой до –30 °С; 1,25 для южных районов в течение всего года.

При разряде аккумулятора активная масса отрицательных пластин преобразуется из губчатого свинца Pb в сульфат свинца $PbSO_4$ с изменением цвета из серого в светло-серый. Активная масса положительных пластин аккумулятора преобразуется из диоксида свинца PbO_2 в сульфат свинца $PbSO_4$ с изменением цвета из темно-коричневого в коричневый.

У отрицательной пластины проходит электрохимическая реакция



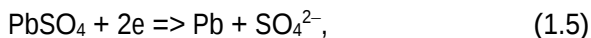
а у положительной пластины:



Суммарная реакция при разряде аккумулятора

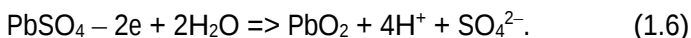


При заряде аккумулятора у отрицательной пластины проходит химическая реакция

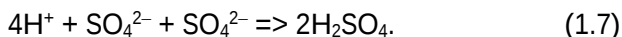


в результате которой сернокислый свинец распадается на ионы Pb^{2+} и SO_4^{2-} . Ион свинца, взаимодействуя с приходящими электронами, превращается в молекулу свинца. Ион SO_4^{2-} , направляясь к положительной пластине, соединяется с двумя ионами водорода и образует молекулу серной кислоты H_2SO_4 .

Химическая реакция у положительной пластины выглядит следующим образом:



В реакции участвуют ион свинца Pb^{2+} и два иона кислорода 2O_2 из диссоциированной молекулы воды. Свинец окисляется. Кислотный остаток и ионы водорода образуют две молекулы серной кислоты:



Суммарная реакция при заряде аккумулятора:



Плотность электролита повышается. При достижении максимальной плотности начинается диссоциация воды, сопровождающаяся бурным выделением водорода и кислорода.

Таким образом, окислительно-восстановительные процессы при заряде и разряде могут быть описаны уравнением



Так как в процессе разряда серная кислота идет на образование сульфата свинца PbSO_4 при одновременном выделении воды H_2O , то плотность электролита соответственно уменьшается с 1,25–1,31 до 1,09–1,15 г/см³. Плотность электролита при 100-процентном разряде уменьшается на 0,16, следовательно, в период разряда аккумулятора уменьшение плотности электролита на 0,01 соответствует снижению емкости аккумулятора на 6 %. Изменение плотности электролита является одним из основных показателей степени разряда аккумулятора.

Аккумуляторы не разряжают до полного перехода активной массы в сульфат свинца, так как он обладает большим сопротивлением, препятствующим осуществлению обратного процесса. В результате

разряда внутреннее сопротивление аккумулятора возрастает в несколько раз.

При допустимом разряде аккумулятора в химических реакциях участвует не более 40–50 % активной массы пластин, так как к глубоким слоям активной массы вследствие недостаточной ее пористости электролит в необходимом количестве не поступает.

1.5. Основные параметры и характеристики аккумуляторных батарей

Электродвижущей силой (ЭДС) аккумулятора E называют разность его потенциалов положительного и отрицательного электродов при разомкнутой внешней цепи. ЭДС покоя аккумулятора зависит от физических и химических свойств веществ, из которых изготовлены пластины и электролит, но не зависит от размеров пластин аккумулятора. ЭДС батареи равна сумме ЭДС последовательно-соединенных аккумуляторов, входящих в ее состав. Для практических целей ЭДС может быть определена по эмпирической формуле:

$$E_0 = 0,84 + \gamma_{15}, \quad (1.10)$$

где γ_{15} – плотность электролита при температуре 15 °С, г/см³.

Если измерения проводились при температуре, отличной от 15 °С, то необходимо привести измеренную плотность к плотности при температуре 15 °С:

$$\gamma_{15} = \gamma + 0,00075(t - 15). \quad (1.11)$$

Для кислотных стартерных аккумуляторов, в которых плотность электролита колеблется в пределах от 1,11 до 1,27 г/см³, ЭДС покоя изменяется соответственно от 1,95 до 2,11 В. Фактическая величина ЭДС (E_3) аккумулятора при зарядке батареи больше по величине, чем ЭДС покоя (E_0):

$$E_3 = E_0 + \Delta E, \quad (1.12)$$

а при разряде меньше

$$E_p = E_0 - \Delta E, \quad (1.13)$$

где ΔE – изменение величины ЭДС за счет разной концентрации электролита в порах активной массы и в отсеке бака.

С изменением температуры электролита в большей степени изменяется напряжение U_p , так как оно зависит не только от ЭДС, но и от величины падения напряжения ΔU , которое с понижением температуры значительно возрастает. Таким образом, при разряде аккумулятора напряжение U_p на его зажимах будет меньше ЭДС покоя E_0 на величину падения напряжения внутри аккумулятора ΔU и величину падения ЭДС:

$$U_p = E_0 - \Delta U - \Delta E. \quad (1.14)$$

Величина падения напряжения внутри аккумулятора ΔU при постоянной силе тока разряда пропорциональна внутреннему сопротивлению аккумулятора:

$$\Delta U = I_p R_a, \quad (1.15)$$

I_p – величина разрядного тока;

R_a – внутреннее сопротивление аккумулятора.

Напряжение также зависит от степени заряженности аккумулятора. В процессе разряда сопротивление пластин и соответственно внутреннее сопротивление аккумулятора возрастает, так как сульфат свинца, образующийся на отрицательных и положительных пластинах, почти не проводит электрический ток, поэтому напряжение будет падать быстрее. По величине напряжения, замеренного при соответствующей нагрузке, в эксплуатации судят о степени заряженности аккумуляторных батарей.

На практике более важным параметром является *напряжение* аккумулятора, которое при разряде всегда ниже, при заряде выше, а при разомкнутой внешней цепи равно значению ЭДС. Это отличие обусловлено падением напряжения на внутреннем сопротивлении аккумулятора R_a , а также электродной поляризацией.

Поляризацией называется явление изменения потенциала электрода от исходного равновесного (без тока) до неравновесного (при прохождении тока). Поляризация является следствием затруднения протекания электродного процесса на электродах аккумулятора. Так как процесс поляризации приводит к электрическим потерям в аккумуляторах, то его удобно представлять как потери на некотором сопро-

тивлении поляризации $R_{\text{п}}$. Причинами, вызывающими поляризацию, являются: изменение концентрации электролита вблизи электродов; образование на поверхности электрода слоя сульфата свинца и др. Поляризация является переходным процессом: при подключении нагрузки к батарее поляризация по экспоненте увеличивается до своего предельного значения. Длительность этого процесса зависит от силы тока и температуры электролита. Для стартерных режимов она не превышает 10 с. С увеличением тока и температуры длительность процесса поляризации и сопротивление поляризации $R_{\text{п}}$ уменьшаются.

Омическое сопротивление батареи $R_{\text{а}}$ складывается из сопротивлений электролита $R_{\text{э}}$, сепараторов $R_{\text{с}}$, активной массы $R_{\text{м}}$, решеток $R_{\text{р}}$ и соединительных элементов $R_{\text{сэ}}$ (мостиков с борнами, межэлементных перемычек и полюсных выводов):

$$R_{\text{а}} = R_{\text{э}} + R_{\text{с}} + R_{\text{м}} + R_{\text{р}} + R_{\text{сэ}}. \quad (1.16)$$

Под сопротивлением электролита понимается сопротивление той его части, которая находится между электродами. Оно составляет примерно половину внутреннего сопротивления аккумулятора, которое зависит от степени разряженности аккумулятора, температуры и значения тока. Внутреннее сопротивление в заряженном состоянии составляет несколько миллиом, а в полностью разряженном состоянии возрастает в несколько раз. С понижением температуры внутреннее сопротивление также возрастает. С увеличением тока оно уменьшается из-за уменьшения сопротивления поляризации.

Емкость аккумулятора и аккумуляторной батареи. Емкостью называют количество электричества, выраженное в ампер-часах, которое отдает полностью заряженный аккумулятор при непрерывном разряде постоянной силой тока до определенного конечного напряжения.

Разрядной емкостью $C_{\text{р}}$ называется максимальное количество электричества, которое аккумулятор может сообщить во внешнюю цепь при разряде от начального напряжения до конечного. Обычно разрядная емкость аккумуляторных батарей определяется при постоянном токе разряда:

$$C_{\text{р}} = I_{\text{р}} \cdot t_{\text{р}}, \quad (1.17)$$

где $C_{\text{р}}$ – емкость гальванического элемента;

I_p – разрядный ток, А;

t_p – продолжительность разряда, ч.

Номинальная емкость $C_{\text{ном}}$ стартерных батарей определяется при непрерывном десятичасовом разряде батареи силой тока, равной $0,1 C_{\text{ном}}$ до напряжения 1,7 В на отстающем аккумуляторе, средней температуре электролита 30 °С и его начальной плотности 1,285 г/см³.

Номинальная разрядная емкость аккумуляторной батареи C_{20} определяется при 20-часовом режиме разряда током $I = 0,05 C_{20}$ при температуре 15 °С. Разряд должен прекращаться после достижения конечного напряжения аккумуляторной батареи 10,5 В.

Разрядная емкость зависит от множества конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Однако в основном емкость аккумулятора определяется объемом активной массы, электролита и степенью их использования. Емкость аккумуляторной батареи существенно снижается с увеличением силы тока, что связано с резким уменьшением концентрации электролита в порах пластин, изолируемых сульфатом свинца. Емкость аккумуляторной батареи уменьшается с понижением температуры из-за увеличения вязкости электролита и замедления поступления серной кислоты в поры активной массы. На практике при определении разрядной емкости используют внесистемную единицу измерения ампер-час ($1 \cdot \text{А} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ Кл}$).

Резервная емкость указывается на батареях, сделанных в США и некоторых азиатских странах, вместо номинальной. Этот параметр показывает время (в минутах) разряда батареи током 25 А до конечного напряжения 10,5 В. По мнению американских производителей, он близок к реальному потреблению тока на автомобиле при неработающей генераторной установке.

Для определения емкости батареи ее сначала полностью заряжают и доводят плотность электролита до 1,285, а затем разряжают током десятичасового режима, равным $0,1 C_{\text{ном}}$, до тех пор, пока на одном из аккумуляторов напряжение не понизится до 1,7 В. При стартерном режиме разряда батареи разряжают силой тока $I_p = 3 C_{\text{ном}}$. Если начальная температура электролита была 30 °С, разряд батареи прерывают, когда на одном из аккумуляторов напряжение снизится до 1,5 В, а при начальной температуре электролита – 18 °С при напряжении 1 В.

Для оценки стартерных свойств батарей используется параметр, называемый *током стартерного разряда (током холодной прокрутки)*. Параметры режима разряда аккумуляторной батареи при определении тока стартерного разряда приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Параметры режима разряда

Параметр режима разряда аккумуляторной батареи	Стандарт		
	ГОСТ (Россия)	SAE (США)	DIN (Германия)
Температура, °С	18	18	18
Длительность разряда, мин	3	0,5	0,5
Конечное напряжение, В	9	7,2	9

По госстандарту ток стартерного разряда определяется в режиме 3-минутного разряда при температуре минус 18 °С и конечном напряжении 9 В. Ток стартерного разряда по стандарту DIN определяется при тех же условиях, но при минимальной продолжительности стартерного разряда, равной 30 секундам (30-секундный режим разряда).

По стандарту SAE ток стартерного разряда определяется подобно стандарту DIN, но конечное напряжение батареи должно быть не менее 7,2 В. Для сравнения показателей стартерного разряда аккумуляторных батарей ориентировочно можно считать, что ток холодной прокрутки по SAE в 1,6–1,7 раза больше тока стартерного разряда по DIN.

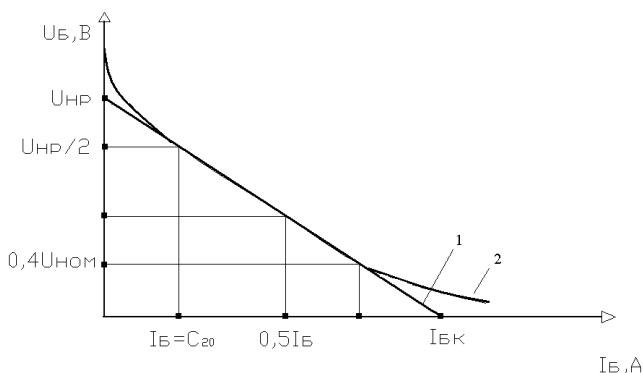
Для электропотребителей автомобиля, как нагрузки, важным показателем является *энергозапас* аккумуляторной батареи W_p , под которым понимается максимальное количество энергии, выделяемое во внешней цепи за время до конца разряда. При постоянном разрядном токе

$$W_p = C_p U, \quad (1.18)$$

где U – среднее значение напряжения за время до конца разряда.

Вольт-амперная характеристика (ВХА) батареи может быть получена экспериментально или рассчитана для заданных условий разряда. Она выражается сложной кривой, имеющий квазилинейный участок в зоне от $I_6 = C_{20}$ до $U_6 = 0,4U_{ном}$ в соответствии с ри-

сунком 1.3. Нелинейность этой характеристики объясняется нелинейностью внутреннего сопротивления батареи, в основном его поляризационной составляющей. С достаточной точностью для инженерной практики реальную ВХА заменяют линейной. Точки пересечения отсекают на осях отрезки, пропорциональные начальному разрядному напряжению $U_{нр}$ и условному току короткого замыкания $I_{бк}$. Прямая, проведенная через эти две точки, называется *расчетной вольт-амперной характеристикой* аккумуляторной батареи. ВАХ зависит от заряженности аккумуляторной батареи и времени, прошедшего с начала разряда.



1 – расчетная вольт-амперная характеристика; 2 – реальная вольт-амперная характеристика; $U_{нр}$ – начальное разрядное напряжение;

$I_{бк}$ – условная сила тока короткого замыкания

Рисунок 1.3 – Вольт-амперная характеристика

Разрядной характеристикой аккумулятора называются зависимости изменения плотности электролита, ЭДС и напряжения аккумулятора при постоянной силе разрядного тока от времени разряда (рисунок 1.4). Характеристики разряда снимаются при разряде полностью заряженного аккумулятора силой тока, равной 0,1 его номинальной емкости, до конечного напряжения 1,7 В. Во время разряда при помощи реостата поддерживается постоянная сила разрядного тока (рисунок 1.5) и измеряется напряжение U_p и ЭДС E_a на зажимах аккумулятора, а также плотность электролита γ .

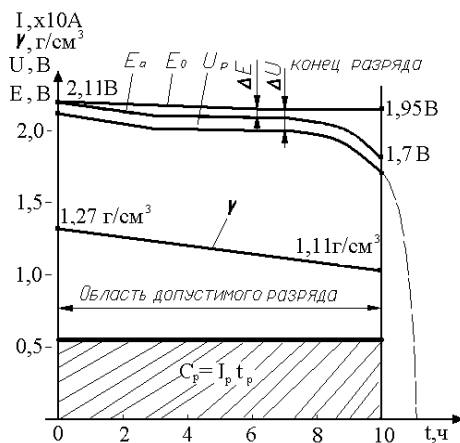
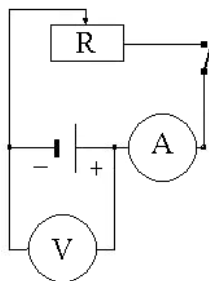


Рисунок 1.4 – Разрядная характеристика аккумулятора с номинальной емкостью 55 А·ч



А – амперметр; V – вольтметр; R – реостат (потенциометр)

Рисунок 1.5 – Электрическая принципиальная схема устройства для снятия разрядной характеристики аккумуляторной батареи

ЭДС аккумулятора E_a измеряют при разомкнутой внешней цепи, а ЭДС покоя E_0 подсчитывают по эмпирической формуле. По замеренным величинам строят кривые характеристики разряда аккумулятора.

Причины изменения γ , E_0 , E_a и U_p при разряде аккумулятора следующие. В процессе разряда аккумулятора постоянной силой тока количество серной кислоты, затрачиваемой на преобразование PbO_2 и Pb активной массы пластин в $PbSO_4$ и образование воды, в каждую единицу времени будет постоянным, поэтому плотность электролита γ в баке будет изменяться прямолинейно.

ЭДС покоя E_0 , зависящая только от плотности электролита в баке, будет также изменяться прямолинейно, поэтому прямая, харак-

теризующая снижение ЭДС покоя, будет параллельна прямой снижения плотности электролита. Пользуясь формулой расчета ЭДС покоя E_0 аккумулятора, определяем, что E_0 уменьшилось с 2,11 В в начале разряда до 1,95 В в конце разряда. При разряде аккумулятора в порах активной массы положительных пластин образуется вода, вследствие чего плотность электролита в них будет меньше плотности электролита в баке вокруг пластин. На величину уменьшения плотности электролита в порах пластин соответственно уменьшится и ЭДС аккумулятора. Следовательно, в период разряда ЭДС аккумулятора всегда меньше ЭДС покоя E_0 на величину ΔE . В начале разряда за счет образования воды в порах положительных пластин ЭДС аккумулятора E_a быстро снижается.

При дальнейшем же разряде аккумулятора вследствие неодинаковой плотности электролита в порах активной массы пластин и электролита, окружающего пластины, происходит диффузия электролита внутрь пластин.

Как только установится равновесие образования новой воды в порах пластин с притоком более плотного электролита в поры, разность плотностей электролита в порах активной массы и снаружи пластин будет неизменной. При этом в течение большого отрезка времени разряда уменьшение ЭДС ΔE будет также почти постоянным.

По мере разряда аккумулятора на поверхности стенок пор активной массы пластин отлагаются кристаллы $PbSO_4$, что вызывает уменьшение проходных сечений пор и снижение скорости диффузии электролита в поры. По этой причине плотность электролита в порах активной массы положительных пластин в конце разряда аккумулятора быстро понижается и вместе с этим быстро снижаются ЭДС и напряжение аккумулятора.

Разряд аккумулятора при десятичасовом режиме разряда прекращают при напряжении 1,7 В. При дальнейшем разряде аккумулятора напряжение во внешней цепи резко падает, что нарушает нормальную работу потребителей. Кроме того, дальнейший разряд вреден, так как ускоряется сульфатация пластин. Следовательно, конец нормального разряда аккумулятора определяется по величине напряжения и величине плотности электролита.

Зарядной характеристикой аккумулятора называют зависимости изменения плотности электролита, ЭДС и напряжения аккумулятора при постоянной силе зарядного тока от времени заряда (ри-

сунок 1.6). Характеристики заряда снимают при заряде аккумулятора постоянной силой тока, равной 0,1 его номинальной емкости. Для заряда аккумулятора необходимо, чтобы напряжение зарядного источника превышало ЭДС аккумулятора. В процессе заряда силу зарядного тока при помощи реостата поддерживают постоянной в соответствии со схемой на рисунке 1.7.

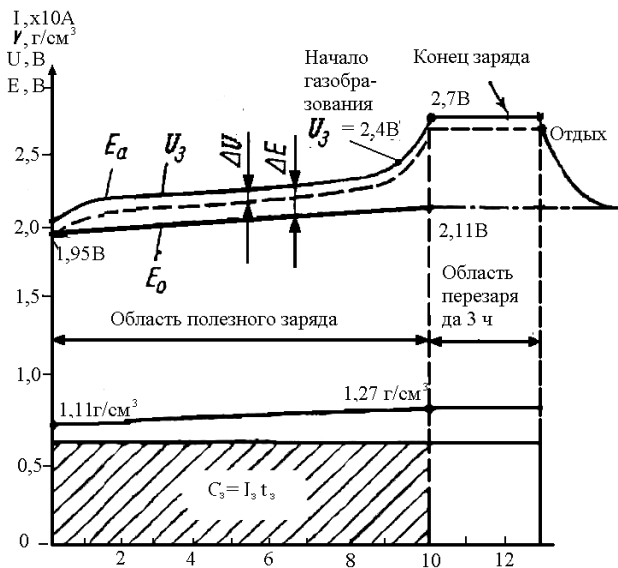
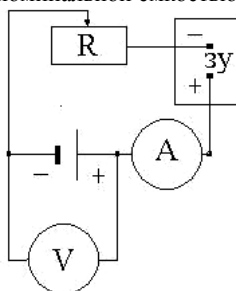


Рисунок 1.6 – Зарядная характеристика аккумулятора с номинальной емкостью 55 А·ч



А – амперметр; V – вольтметр; R – потенциометр; 3У – зарядное устройство

Рисунок 1.7 – Электрическая принципиальная схема устройства для снятия зарядной характеристики аккумуляторной батареи

Через равные промежутки времени измеряют напряжение U_3 на зажимах аккумулятора, а также плотность электролита γ . ЭДС аккумулятора E_a измеряют при разомкнутой внешней цепи, а ЭДС покоя E_0 подсчитывают по эмпирической формуле.

Причины изменения γ , E_0 , E_a , U_3 при заряде аккумулятора следующие. Вследствие того, что в процессе заряда постоянной силой тока в порах активной массы пластин в единицу времени выделяется одинаковое количество серной кислоты и уменьшается количество воды, плотность электролита γ , а вместе с ней и ЭДС покоя E_0 аккумулятора будут возрастать по прямолинейному закону.

Так как при заряде аккумулятора в порах активной массы положительных и отрицательных пластин образуется серная кислота, то в результате этого повышается плотность электролита в порах, и поэтому ЭДС аккумулятора возрастает на величину ΔE .

В начальный период заряда в порах пластин быстро увеличивается плотность электролита, а вместе с этим быстро возрастает ЭДС аккумулятора E_a . При дальнейшем заряде ввиду растворения кристаллов $PbSO_4$ увеличиваются проходные сечения пор в активной массе, что способствует свободному доступу менее плотного электролита из бака в поры пластин.

Когда установится равновесие между образованием новой серной кислоты в порах пластин и притоком в поры пластин электролита с меньшей плотностью, то в течение длительного времени заряда разность плотностей электролита в порах активной массы и снаружи пластин будет оставаться почти неизменной. В течение этого времени возрастание ЭДС ΔE также будет оставаться почти неизменным.

В конце заряда аккумулятора большая часть активной массы пластин превратится в свинец и диоксид свинца, поэтому часть ионов кислорода и водорода, выделяющихся на пластинах, не вступает в химическую реакцию с активной массой пластин, нейтрализуется (разряжается) и, выделяясь в воздух в виде пузырьков газа, вызывает «кипение» электролита, что служит признаком окончания заряда.

Газообразование начинается при напряжении аккумулятора около 2,4 В, бурно возрастает до 2,7 В и продолжается до момента прекращения заряда. В период газообразования положительные ионы водорода, выделяющиеся на отрицательных пластинах, присоединяют к себе недостающие электроны с некоторым запаздыванием по времени. Поэтому в конце заряда аккумулятора вокруг отрицательных пла-

стин будет сосредоточиваться большое количество положительных ионов водорода, вследствие чего между отрицательными пластинами и электролитом создается дополнительная разность потенциалов около 0,3 В, увеличивающая напряжение аккумулятора до 2,7 В.

1.7. Техническая эксплуатация аккумуляторных батарей

Техническое обслуживание аккумуляторной батареи сводится к содержанию ее в чистоте, контролю технического состояния и режима заряда.

При визуальном осмотре необходимо убедиться в чистоте поверхности аккумуляторной батареи. Если поверхность покрыта электропроводным слоем электролита, то ее необходимо протереть чистой ветошью, смоченной в растворе нашатырного спирта или 10%-м растворе кальцинированной соды. Необходимо внимательно следить за чистотой и состоянием полюсных выводов, наконечников проводов и вентиляционных пробок. Полюсные выводы и наконечники проводов смазывают техническим вазелином.

Внешний осмотр, очистка поверхности батареи, проверка ее крепления, а при необходимости проведение диагностирования и заряд целесообразно проводить при каждом техническом обслуживании.

Хранение аккумуляторных батарей. Новые, не залитые электролитом батареи, хранятся при температуре не ниже минус 50 °С. Максимальный срок хранения сухих батарей – три года. Заряженные батареи с электролитом хранятся по возможности при температуре не выше 0 °С. Срок хранения батарей с электролитом при отрицательной температуре – до 1,5 лет, при положительной – до 9 месяцев. Минимальная температура хранения – не ниже минус 30 °С. При чрезмерно низких температурах электролит может замерзнуть. Чем плотнее электролит, тем ниже температура его замерзания. При плотности электролита $\gamma_{15} = 1,31$ г/см³ электролит замерзает при температуре ниже минус 50 °С, при $\gamma_{15} = 1,27$ г/см³ – при температуре до минус 30 °С, при $\gamma_{15} = 1,11$ г/см³ при температуре минус 7 °С. Перед постановкой на хранение несухозаряженной батареи необходимо: полностью зарядить батарею, скорректировать при необходимости плотность электролита, удалить с батареи токопроводящий слой, используя для этого раствор пищевой соды или нашатыря. Температура заливаемого электролита должна быть в пределах 15...30 °С.

Перед заливкой необходимо отвернуть вентиляционные пробки и удалить элементы, герметизирующие вентиляционные отверстия. Электролит заливают до тех пор, пока он не достигнет нижнего торца тубуса горловины крышки или определенного уровня выше предохранительного щитка. Плотность электролита, заливаемого в новую батарею, должна быть на $0,02 \text{ г/см}^3$ меньше той, которая должна быть в конце заряда для данной климатической зоны. Если через два часа после заливки сухозаряженной батареи плотность электролита будет на $0,03 \text{ г/см}^3$ ниже плотности этого электролита через

20 минут после заливки, то батарею следует зарядить, а затем скорректировать плотность электролита. Но желательно все же заряжать батарею в любом случае.

Заряд аккумуляторных батарей. Аккумуляторные батареи можно заряжать от любого источника энергии постоянного тока при условии, что его выходное напряжение больше напряжения заряжаемой батареи. Для полного заряда батарея должна принять энергии из расчета приблизительно 150 % своей емкости. Различают два основных способа заряда: при постоянном токе и при постоянном напряжении.

Заряд при постоянной силе зарядного тока. Оптимальная сила тока заряда

$$I_3 = 0,1 C_{\text{ном}}. \quad (1.19)$$

В каждую ветвь цепи может быть включено последовательно не более определенного числа (n_a) аккумуляторов, определяемого из соотношения

$$n_a = \frac{U_{\text{зв}}}{2,7}, \quad (1.20)$$

где $U_{\text{зв}}$ – выходное напряжение зарядного устройства, В;

2,7 – постоянная, соответствующая ЭДС полностью заряженного аккумулятора, В.

Все батареи в ветви независимо от их номинального напряжения включаются последовательно. Для заряда батарей целесообразно собирать каждую ветвь зарядной цепи из батарей одинаковой емкости и степени разряда.

Напряжение сети может быть намного больше ЭДС всех включенных в ветвь аккумуляторов, а сопротивление аккумуляторов незначительно, поэтому сила зарядного тока I_3 может оказаться чрезмерно большой. По мере заряда аккумуляторных батарей повышается их ЭДС, что вызывает уменьшение силы тока. Для поддержания необходимой величины силы тока в начале и в процессе всего заряда в каждую ветвь включается регулировочный реостат, величина сопротивления которого определяется по формуле

$$R = \frac{U_{zy} - 2n}{I_3}, \quad (1.21)$$

где U_{zy} – выходное напряжение зарядного устройства, В;

2 – расчетное напряжение на один аккумулятор;

n – число последовательно включенных аккумуляторов в цепи заряда;

I_3 – сила зарядного тока.

В случае последовательного включения в одну ветвь аккумуляторных батарей с разной емкостью необходимую величину силы зарядного тока устанавливают по батарее наименьшей емкости.

При повышении температуры электролита до 45 °С необходимо снизить зарядный ток в два раза или прервать заряд для охлаждения электролита до 30...35 °С.

В случае форсированного заряда батарей силой тока более 0,1 $C_{ном}$ В момент начала газообразования, когда напряжение на зажимах одного аккумулятора достигнет 2,4 В, во избежание разрушения активной массы пластин газами водорода и кислорода необходимо уменьшить силу зарядного тока до 0,05 $C_{ном}$ и закончить заряд при этой силе тока.

Ускоренный заряд батарей в течение 2–3 ч. В течение первого часа батареи заряжают силой тока 0,3 $C_{ном}$ батареи, во второй час силу тока уменьшают до 0,2 $C_{ном}$ и в третий час батареи заряжают силой тока 0,05 $C_{ном}$.

Быстрый заряд батарей производится силой тока до 2 $C_{ном}$ в течение 15–30 мин. Способ используется для экстренного запуска двигателя автомобиля. Зачастую производится с использованием пусковых устройств. При этом имеется опасность взрыва аккумуляторных батарей (особенно необслуживаемых). При заряде батарей боль-

шой силой тока не допускают повышения температуры электролита выше 45 °С.

После заряда батареи проверить плотность электролита и при необходимости довести ее до нормы доливкой в аккумуляторы дистиллированной воды или электролита плотностью 1,4 г/см³.

Основное достоинство заряда батарей при постоянной силе тока заключается в том, что имеется возможность регулировать и контролировать силу тока в процессе всего заряда, что особенно важно при устранении сульфатации пластин аккумуляторов.

Основными недостатками этого метода являются:

- продолжительность времени заряда батарей;
- необходимость регулирования силы тока в процессе всего заряда батарей;
- потеря энергии в реостатах.

Заряд при постоянном напряжении. Метод имеет недостаток, проявляющийся в начале заряда полностью разряженных батарей: зарядный ток достигает 1...1,5 С₁₀, из-за чего перегревается аккумуляторная батарея. Аккумуляторные батареи заряжают от источников постоянного тока (генераторы, выпрямители), напряжение которых мало изменяется при изменении силы зарядного тока. Постоянство напряжения генераторной установки или зарядного устройства регулируется автоматически при помощи регулятора и контролируется вольтметром. Напряжение источника должно быть 14,4 В для заряда 12-вольтовых батарей из расчета 2,4 В на один аккумулятор. Максимальная сила зарядного тока зависит от мощности генератора и степени разреженности батарей.

Силу зарядного тока I_3 можно определить по формуле

$$I_3 = \frac{U_{3y} - E_a}{R_a},$$

где U_{3y} – напряжение зарядного устройства, В;

E_a – ЭДС аккумуляторной батареи, В;

R_a – сопротивление аккумуляторной батареи, Ом.

В начале заряда сила тока I_3 будет большой вследствие значительной разности между напряжением зарядного устройства U_{3y} и

ЭДС батареи E_a , а по мере заряда батареи возрастает ее ЭДС, в результате чего сила зарядного тока снизится почти до нуля.

Так как в начале заряда сила тока I_z достигает большой величины, то в течение первых 4–5 ч батарея зарядится на 90–95 % своей емкости.

Основные достоинства заряда батарей при постоянном напряжении:

- по мере заряда батарей сила тока постепенно уменьшается почти до нуля, что улучшает преобразование $PbSO_4$ в PbO_2 и Pb в глубоких слоях активной массы пластин и не вызывает перезаряда батареи;

- вследствие автоматического снижения силы зарядного тока отпадает необходимость в регулировочных реостатах;

- газообразование в конце заряда будет очень малым, что предупреждает разрушение активной массы пластин и коррозию решеток положительных пластин;

- на заряд можно включать батареи различной емкости. Зарядная сила тока при этом устанавливается автоматически – большая сила для батарей с большой емкостью (ввиду меньшего внутреннего сопротивления батареи) и для сильно разряженных (вследствие меньшей ЭДС батарей);

- короткое время заряда.

Основной недостаток этого метода заряда заключается в том, что нельзя регулировать силу зарядного тока для каждой включенной батареи, поэтому невозможно одновременно проводить заряд батарей необходимой силой тока и исправлять сульфатацию пластин аккумуляторов. Этот метод заряда аккумуляторных батарей получил широкое применение на автомобилях. Напряжение автомобильного генератора регулируется на такую величину, чтобы обеспечить заряд батарей до начала газовыделения.

1.8. Основные неисправности аккумуляторных батарей, причины их появления и способы устранения

К числу основных неисправностей аккумуляторной батареи относят повышенный саморазряд, короткое замыкание, коробление, разрушение и сульфатацию пластин, трещины и истирание моноблока.

При бездействии аккумуляторной батареи происходит ее естественный *саморазряд*, который, согласно ГОСТ 959-91 Р, при бездействии в течение 14 суток при температуре 20 ± 5 °С не должен превышать 0,5 % в сутки (7 %), а после бездействия в течение 28 су-

ток – 20 % от номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи в течение 90 суток после бездействия не должен превышать 0,11 % в сутки (10 %), а после бездействия в течение года – 40 % от номинальной емкости. Саморазряд происходит и в режиме разряда и в режиме покоя. Величину саморазряда определяют химическая система и конструкция аккумуляторной батареи.

Повышенный саморазряд аккумуляторной батареи может происходить по следующим причинам: наружная поверхность аккумулятора покрыта грязью, влагой и электролитом, что приводит к разряду батареи по поверхности крышек; в электролит попали вредные примеси (особенно железо и медь); замыкание пластин шламом, незначительные разрушения сепараторов. Важна температура, количество и свойство попавших в аккумулятор примесей. Невозможно устранить такие причины разряда, как существование разности потенциалов в самих пластинах (между активной массой пластин и металлом их основы). Кроме того, кислород воздуха воздействует на отрицательные пластины.

Короткое замыкание пластин происходит вследствие непосредственного соприкосновения пластин при разрушении сепаратора, а также из-за образования игольчатых наростов между кромками положительных и отрицательных пластин. Короткие замыкания могут также происходить при заполнении пространств между опорными ребрами шламом.

Коробление пластин, как правило, объясняется большой силой зарядного или разрядного тока. При большом короблении может происходить разрушение сепараторов и замыкание между пластинами.

Разрушение пластин происходит за счет коррозии решеток, оплывания активной массы положительных пластин, ведущее к замыканию нижних кромок электродов. Оплыванию активной массы способствуют эксплуатация батареи с низкой степенью заряженности (50 % и ниже), особенно в зимнее время, глубокие разряды большими токами при низких температурах и высокой плотности электролита. Разрушение активной массы пластины и ее решетки является естественным процессом, однако его ускоряет неправильный режим эксплуатации батарей – ее перезаряд, особенно при высоких температурах и напряжении генераторной установки. Для предохранения аккумуляторной батареи от перезаряда необходимо

контролировать пределы регулировки регулятора напряжения генераторной установки.

Уменьшение емкости и увеличение внутреннего сопротивления происходит за счет возникновения сульфатации и окисления пластин, а также образования инородных химических соединений.

Сульфатацией пластин называется образование на ее поверхности и в активной массе крупных кристаллов сульфата свинца, которые не растворяются при заряде по причине увеличенного сопротивления образовавшихся кристаллов. Применение синтетических сепараторов в аккумуляторах резко снижает сульфатацию пластин. Образование сульфата свинца особенно сильно происходит при небрежном обращении с аккумуляторной батареей (длительное хранение при высоких температурах без промежуточного заряда, недостаточный заряд аккумуляторной батареи при эксплуатации, а также длительное пребывание батареи в разряженном состоянии (более 2 суток).

Окисление отрицательных пластин происходит при снижении уровня электролита в отсеках аккумуляторных батарей. В результате пластины начинают реагировать с кислородом воздуха и кислотой, возникающим при разложении воды.

Трещины и истирание моноблока могут произойти из-за небрежного обращения или плохого крепления аккумуляторной батареи на автомобиле. При наличии трещин в перегородках моноблока электролит соседних ячеек сообщается между собой, и такие аккумуляторные батареи подвержены быстрому саморазряду, выходное напряжение резко снижается.

Одним из самых явных признаков возникновения неисправностей аккумуляторных батарей является низкая способность накапливать заряд.

Гарантийный срок службы аккумуляторной батареи с сепараторами из мипласта или мипора – не менее 18 месяцев при пробеге автомобиля не более 40 тыс. км; для батарей с синтетическими сепараторами, комбинированными со стекловолоком, – не менее 24 месяцев при пробеге автомобиля не более 60 тыс. км.

2. Выполнение работы

Работа включает определение ЭДС аккумулятора, внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи, проверку плотности электролита, определение степени заряженности аккумуляторов и снятие вольт-амперной характеристики $U_a = f(I_p)$.

2.1. Оборудование рабочего места

Для выполнения работы необходимы:

- аккумуляторные батареи с выполненными разрезами, обеспечивающими доступность в осмотре всех деталей аккумуляторов батареи;
- аккумуляторные батареи неисправные;
- нагрузочная вилка ЛЭ-2;
- прибор для проверки аккумуляторных батарей ЛЭ-ЗМ;
- ареометр со шкалой плотности 1,10–1,32;
- термометр со шкалой от 0 до 70 °С;
- трубка стеклянная с делениями;
- амперметр с шунтом на 500 А;
- реостат угольный на ток 500 А;
- плакаты, иллюстрирующие устройство и техническое обслуживание аккумуляторных батарей;
- таблица с технической характеристикой стартерных аккумуляторных батарей;
- 10-процентный раствор двууглекислой соды.

ВНИМАНИЕ! при работе с аккумуляторными батареями необходимо соблюдать меры предосторожности. Попадание электролита на кожу может вызвать ожоги, на одежду – ее разрушение.

Попавший на кожу электролит надо немедленно удалить обильным промыванием водой под краном с последующим протиранием кожи 10-процентным раствором соды.

Работа выполняется в следующей последовательности:

- подготавливается журнал наблюдений по форме в соответствии с таблицей 1.2;
- определяется тип и технические характеристики исследуемой батареи (номинальное напряжение и емкость, вес);
- определяется состояние аккумуляторной батареи, для чего измеряется:
 - ▶ уровень электролита, мм;

- ▶ плотность электролита, г/см³;
- ▶ температура электролита, °С;
- ▶ ЭДС и напряжение, В.

Все полученные данные заносятся в таблицу.

Таблица 1.2 – Журнал наблюдений

Тип батареи и номер аккумулятора	Плотность электролита, г/см ³	Температура электролита, °С	Уровень электролита, мм	Плотность электролита, приведенная к 15 °С, г/см ³	ЭДС аккумулятора, В	Напряжение аккумулятора, В	Степень разрядки аккумулятора, %	Примечание
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Уровень электролита в аккумуляторах замеряется стеклянной трубкой с делениями. Трубку опускают вертикально в аккумулятор до упора в предохранительный щиток. Верхний конец плотно зажимается пальцем и приподнимается над отверстием аккумулятора. Оставшийся в трубке столбик электролита соответствует уровню электролита в аккумуляторе, который должен быть равным 10–15 мм.

Измерение плотности электролита производится ареометром, основной частью которого является денсиметр. При замере показаний необходимо следить за тем, чтобы денсиметр не прилипал к стенкам стеклянного цилиндра; замер проводится по средней части мениска. После окончания замера электролит сливается в тот аккумулятор, из которого он был вынут.

Плотность электролита зависит от его температуры, поэтому при замере плотности необходимо измерить температуру электролита. Если температура электролита отличается от 15 °С, то необходимо привести плотность электролита к 15 °С в соответствии с формулой (1.11).

Определения ЭДС и напряжения производятся при помощи нагрузочной вилки ЛЭ-2 и (для контроля) прибором ЛЭ-3М.

ЭДС измеряется нагрузочной вилкой и прибором ЛЭ-3М при отключенных нагрузочных сопротивлениях.

Для измерения напряжения нагрузочной вилкой ЛЭ-2 необходимо включить или одно из двух сопротивлений, или оба вместе. Это зависит от номинальной емкости батареи. Так, при включении сопротивления 0,018–0,012 Ом при навинчивании только левой контрольной гайки проверяют аккумуляторные батареи емкостью 40–65 А·ч, при включении сопротивления 0,010–0,012 Ом при навинчивании только правой гайки – аккумуляторные батареи емкостью 70–100 А·ч и при параллельном включении обоих сопротивлений – аккумуляторные батареи емкостью 110–135 А·ч.

Проверку аккумулятора нагрузочной вилкой необходимо проводить при закрытых пробках, чтобы предупредить возможность вспышки выделяющихся из батареи газов. Каждый аккумулятор батареи проверяют отдельно. Ножки вилки следует включить сильным нажатием, вдавливая в торцы штырей сначала одну, а затем другую ножку.

Длительность одного включения нагрузочной вилки должна быть до 5 с. После окончания проверки протирают ветошью острия контактных ножек нагрузочной вилки. Напряжение дает возможность судить, насколько устойчиво оно будет держаться на зажимах аккумуляторной батареи при включении стартера.

При проверке аккумуляторной батареи прибором ЛЭ-3М, как и в предыдущем случае, пробки должны быть закрыты.

Для проверки батареи ножку прибора необходимо установить на положительном выводе, так чтобы ее острие вдавилось в положительный вывод аккумуляторной батареи. Черный зажим присоединяют к отрицательному выводу аккумуляторной батареи, чтобы острие зажима вдавилось в отрицательный вывод аккумуляторной батареи. Вольтметр при этом будет показывать ЭДС аккумуляторной батареи.

Для измерения напряжения под нагрузкой включают нагрузочное сопротивление, соответствующее емкости проверяемой батареи. Аккумуляторную батарею следует выдерживать под нагрузкой до 5 с. Используя результаты проверки, необходимо сделать заключение о техническом состоянии аккумуляторной батареи. Для этого подсчитывают процент разряженности аккумуляторов батареи исходя из фактической плотности электролита, приведенной к 15 °С, по формуле

$$\Delta\gamma = \frac{\gamma_3 - \gamma_{15}^{\circ}}{\gamma_3 - \gamma_{\text{раз}}}, \quad (1.23)$$

где $\Delta\gamma$ – степень разряженности аккумулятора, %;

γ_3 – плотность электролита полностью заряженного аккумулятора;

$\gamma_{\text{раз}}$ – плотность электролита полностью разряженного аккумулятора;

γ_{15}° – приведенная плотность электролита.

Кроме этого степень разряженности аккумуляторной батареи можно определить по величине напряжения под нагрузкой, пользуясь таблицей 1.3.

Таблица 1.3 – Зависимость степени разряда аккумуляторной батареи от напряжения под нагрузкой

Показатель	Степень разряда аккумулятора				
	Заряжена на 100 %	Разряжена на 25 %	Разряжена на 50 %	Разряжена на 75 %	Разряжена на 100 %
Напряжение аккумуляторной батареи под нагрузкой в конце 5-й секунды, В	11,4–10,2	10,2–9,6	9,6–9,0	9,0–8,4	8,4–7,8

Для снятия вольт-амперной характеристики необходимо собрать схему в соответствии с рисунком 1.4.

В отличие от предыдущего использования величина силы тока не поддерживается постоянной с помощью реостата, а изменяется. Перед началом выполнения работы устанавливается наибольшее сопротивление реостата. При помощи выключателя замыкается цепь на 2–3 с и отслеживаются показания вольтметра и амперметра. Вышеуказанный опыт повторяется для 4–6 положений реостата. Результаты измерения заносят в таблицу 1.4. По данным наблюдения строят вольт-амперную характеристику аккумуляторной батареи. Для этого на осях ординат и абсцисс откладывают соответственно масштабы напряжения и силы разрядного тока, а затем наносят на график экспериментальные точки. После этого определяют среднее значение тока короткого замыкания, по его величине и начальному напряже-

нию строят вольт-амперную характеристику и анализируют состояние аккумуляторной батареи.

Таблица 1.4 – Журнал наблюдений при определении вольт-амперной характеристики

№ опыта	Тип батареи		
	Ток разряда I , А	Напряжение U_a , В	Внутреннее сопротивление R , Ом
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы и ее краткое содержание;
- краткое описание теоретических основ работы и обслуживания аккумуляторных батарей;
- результаты проверки состояния аккумуляторной батареи;
- расчет степени разряженности аккумуляторной батареи;
- заключение о состоянии аккумуляторной батареи (в случае ее непригодности указать на возможную неисправность), данные снятия вольт-амперной характеристики и соответствующие расчеты, построение графика и анализ состояния аккумуляторной батареи на основании этих графиков.

Контрольные вопросы

1. Как устроена кислотная аккумуляторная батарея? Из каких основных частей состоит аккумулятор? Каково их назначение?
2. Какой химический состав активной массы положительных и отрицательных пластин?
3. Какие химические реакции проходят на положительной пластине, отрицательной пластине при разряде аккумулятора?
4. Какие химические реакции проходят на пластинах при заряде и разряде аккумулятора?

5. Из какого материала изготавливаются несущие части пластин аккумуляторов?
6. Каково назначение сепараторов в аккумуляторной батарее ?
7. Почему размеры сепараторов превышают размеры электродов?
8. Теоретическое обоснование существующих способов проверки состояния аккумуляторной батареи. Достоинства и недостатки этих методов.
9. Какие преимущества и недостатки при заряде аккумуляторных батарей:
 - при постоянном напряжении;
 - при постоянной величине зарядного тока.
10. От чего зависит сила зарядного тока?
11. Чем опасен перезаряд аккумуляторной батареи?
12. Каковы возможные причины перезаряда батареи на автомобиле?
13. Как проверить степень заряженности аккумуляторной батареи на автомобиле?
14. Для чего нужно знать вольт-амперную характеристику аккумуляторной батареи?
15. Какие основные неисправности аккумуляторных батарей?

Лабораторная работа № 2

УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Цель работы: изучить конструкции генераторных установок, их технические характеристики, диагностирование, обслуживание и ремонт.

1. Общие сведения

1.1. Назначение и маркировка генераторных установок

Наряду с аккумуляторной батареей источником постоянного тока на автомобиле является генераторная установка. При работающем двигателе она снабжает потребителей электрической энергией и заряжает аккумуляторную батарею.

В состав генераторной установки входит генератор и регулятор напряжения, который предназначен для сохранения постоянства выходного напряжения при переменной скорости вращения ротора.

Ранее на автомобилях устанавливались двухполюсные и четырехполюсные генераторы постоянного тока. Они работали по принципу самовозбуждения с параллельным (шунтовым) подключением обмоток возбуждения. В настоящее время генераторы постоянного тока, работающие совместно с контактными (вибрационными) регуляторами напряжения, практически полностью вытеснены генераторами переменного тока со встроенными в них выпрямителями.

Генераторы переменного тока в сравнении с генераторами постоянного тока имеют следующие преимущества:

- меньшие габариты и вес. Удельная мощность генераторов постоянного тока не превышает 45 Вт/кг, а генераторов переменного тока достигает 129 Вт/кг. При той же мощности генераторы переменного тока в 1,8...2,5 раза легче генераторов постоянного тока;
- отсутствие коллектора позволяет повысить максимальную частоту вращения при работе двигателя на холостом ходу, генератор в этом режиме может отдавать до 40 % номинальной мощности;
- упрощается конструкция, так как отсутствуют реле обратного тока и ограничитель тока;
- повышается надежность и долговечность.

Обозначение элементов современной генераторной установки производится следующим образом:

xxxx.3701 – генератор;

xxxx.3702 – регулятор напряжения.

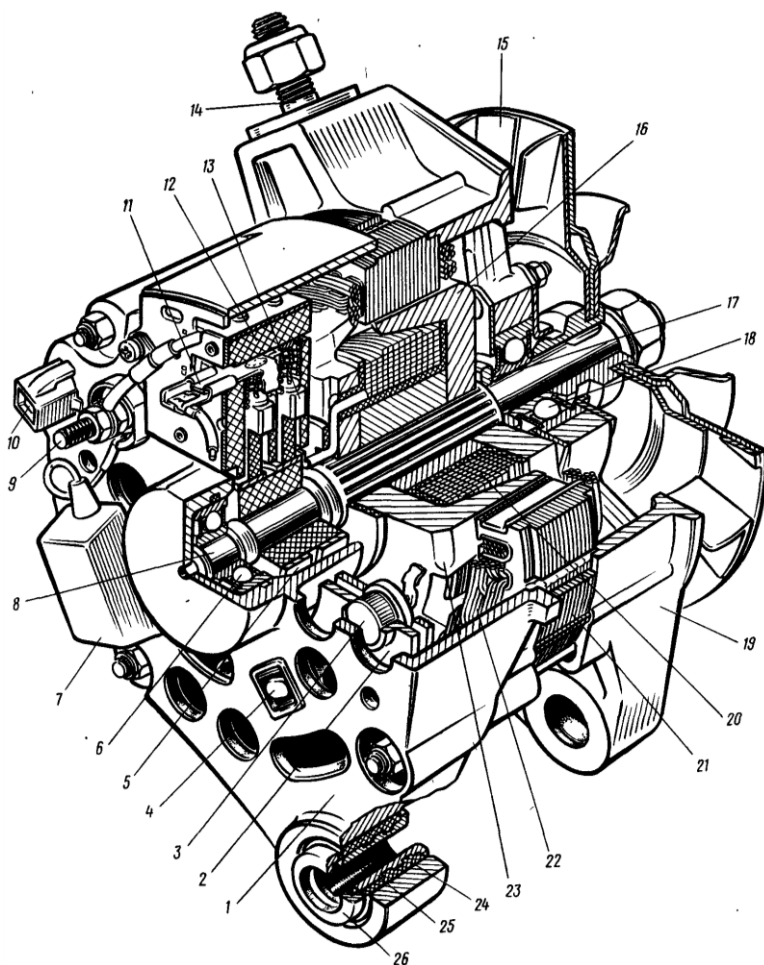
Перед точкой в обозначении ставятся соответствующие цифры: первые две цифры обозначают порядковый номер модели, третья – модификацию изделия, четвертая – исполнение (1 – для холодного климата, 2 – общеклиматическое исполнение, 3 – для умеренного и тропического климата, 6 – экспортное исполнение, 7 – тропическое исполнение, 8 – экспортное исполнение для стран с холодным климатом, 9 – экспортное общеклиматическое исполнение).

Цифры до точки кроме первых двух могут опускаться. Иногда модификация указывается цифрами через дефис в конце обозначения (например, 121.3702-01). До введения этой системы обозначение генератора содержало букву Г (Г250 и т.п.), а регулятора напряжения – буквы РР (РР350 и т.п.). Следующие за буквами цифры обозначали номер модели и модификацию.

1.2. Устройство, теоретические основы и принцип действия генераторной установки

1.2.1. Генератор

Устройство генераторной установки представлено на рисунке 2.1. Корпус генератора состоит из статора и двух крышек – передней и задней. Передняя и задняя крышки генератора отлиты из алюминиевого сплава и с двух сторон плотно прижимаются к статору при помощи четырех шпилек. Статор генератора устанавливается между крышками, причем их посадочные места контактируют с наружной поверхностью пакета статора. В ступицах крышек залиты кольца. Они служат опорами для установки переднего и заднего шариковых подшипников и вала ротора генератора. Посадка шариковых подшипников со стороны контактных колец на вал плотная, в крышку – скользящая, со стороны привода, наоборот, плотная посадка в крышку и скользящая на вал. Такая посадка оставляет возможность проворота наружной обоймы подшипника со стороны контактных колец в гнезде с последующим выходом его из строя.



1, 19 – крышки; 2 – выпрямительный блок; 3 – вентиль выпрямительного блока; 4 – винт крепления выпрямительного блока; 5 – контактное кольцо; 6 – задний шарикоподшипник; 7 – конденсатор; 8 – вал ротора; 9 – вывод «30» генератора; 10 – вывод «61» генератора; 11 – вывод «В» регулятора напряжения; 12 – регулятор напряжения; 13 – щетка; 14 – шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15 – шкив с вентилятором; 16 – полюсный наконечник ротора; 17 – дистанционная втулка; 18 – передний шарикоподшипник; 19 – крышка со стороны привода; 20 – обмотка ротора; 21 – статор; 22 – обмотка статора; 23 – полюсный наконечник ротора; 24 – буферная втулка; 25 – втулка; 26 – поджимная втулка

Рисунок 2.1 – Генератор 37.3701 автомобилей ВАЗ 2109, 2110

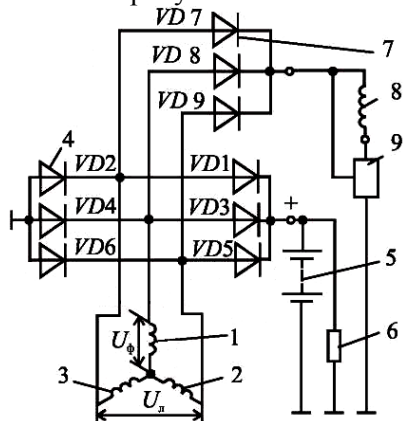
Чем глубже статор утоплен в крышке, тем меньше вероятность появления перекоса подшипников, установленных в крышках. Консистентная тугоплавкая смазка в шариковые подшипники вала ротора закладывается на заводе-изготовителе на длительный срок службы (не менее 75000 км пробега автомобиля). Некоторые зарубежные фирмы выпускают генераторы, у которых статор полностью утоплен в переднюю крышку.

Главную вращающуюся часть, ротор, образует обмотка возбуждения с полюсной системой, валом и контактными кольцами. На прямоугольную накатку вала ротора надеты два шестиконечных, клювообразных полюсных наконечника, которые при сборке напрессовываются на вал ротора под давлением, чтобы уменьшить паразитные воздушные зазоры по торцам втулки, ухудшающие характеристики генератора. При запрессовке материал полюсных половин затекает в проточки вала, делая полюсную систему ротора трудноразборной. В конструкции, где втулка разделена на две части, выполненные заодно с полюсными половинами, паразитный зазор всего один. Между клювообразными магнитными наконечниками на валу ротора установлена стальная втулка, которая является сердечником для наматывания обмотки возбуждения ротора. Суммарное электрическое сопротивление обмотки находится в пределах $3,7 \pm 0,2$ Ом при температуре 20 °С и определяется максимально допустимой величиной тока регулятора напряжения. Такое исполнение характерно для генераторов Г250, 37.3701. Начальный и конечный выводы обмотки возбуждения припаяны к медным контактными кольцам, которые установлены на конце вала ротора на изоляционных втулках. Иногда кольца выполняются из латуни или нержавеющей стали, что снижает их износ и окисление, особенно во влажной среде. К кольцам при помощи пружин прижимаются щетки, которые установлены в пластмассовом корпусе щеточного узла. Щетки бывают двух типов: меднографитные и электрографитные. В генераторах применяются электрографитные щетки ЭГ51А размером 5×8×18 мм (генераторы Г250, 37.3701 и др.) и меднографитные М1 размером 6×6,5×13 мм (генераторы 16.3701, 58.3701 и др.). Электрографитные щетки имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцами, что неблагоприятно сказывается на выходных характеристиках генератора, однако, они обеспечивают меньший износ колец.

Обмотка статора с его магнитопроводом образует собственно статор, главную неподвижную часть. Для уменьшения потерь на нагревание от вихревых токов, лучшего намагничивания и размагничивания статор набран из тонких стальных пластин из электро-технической стали. Пакет статора генераторов набирается из стальных листов толщиной 0,5–1 мм. Более прогрессивной технологией является навивка пакета из ленты или набор его из стальных подковообразных сегментов, так как при этом снижается расход стали. Для генераторов Г250 пакет набирают из 45 ± 5 пластин толщиной 0,5 мм каждая. По краям пакета устанавливают по одной более жесткой крайней пластине, которая имеет толщину $2 \pm 0,13$ мм. Весь пакет обезжиривают, обжимают и в шести местах по окружности пакета накладывают сварочный шов. Для удобства сварки пластин по их окружности расположено шесть продольных проточек. Внутри пластины имеют зубцы, которые при сварке пакета образуют сердечники для установки катушек электромагнитов статора. Первоначально генераторы имели 18 пазов на статоре под размещение обмотки, в настоящее время практически все генераторы массового производства содержат 36 пазов. Пазы изолированы электрокартоном, полимерной пленкой или напылением изоляции, обмотки выполняются проводами ПЭТ-200, ПЭТД-180, ПЭТВМ, ПЭСВ-3 и др. После намотки обмотки пропитываются специальным материалом, который повышает их механическую и электрическую прочность, а также снижает нагрев.

Обмотка статора отечественных и зарубежных генераторов – трехфазная. Она состоит из трех обмоток фаз, токи и напряжения в которых смещены на 120° . Фазы могут соединяться в «звезду» или «треугольник». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Фазные напряжения возникают между выводами обмоток фаз, а токи протекают в этих обмотках, линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем. На генераторе Г250 каждая катушка имеет по 13 витков медного провода, который намотан в три слоя. Два нижних слоя имеют по пять витков и верхний слой – три витка. Катушки по шесть штук включаются между собой последовательно, образуя фазу. Число витков в фазе – 78. Три фазы статора генератора между собой соединены в «звезду».

Выводы трех фаз обмоток статора присоединяются к выводам трехфазного, двухполупериодного диодного полупроводникового выпрямителя в соответствии с рисунком 2.2.



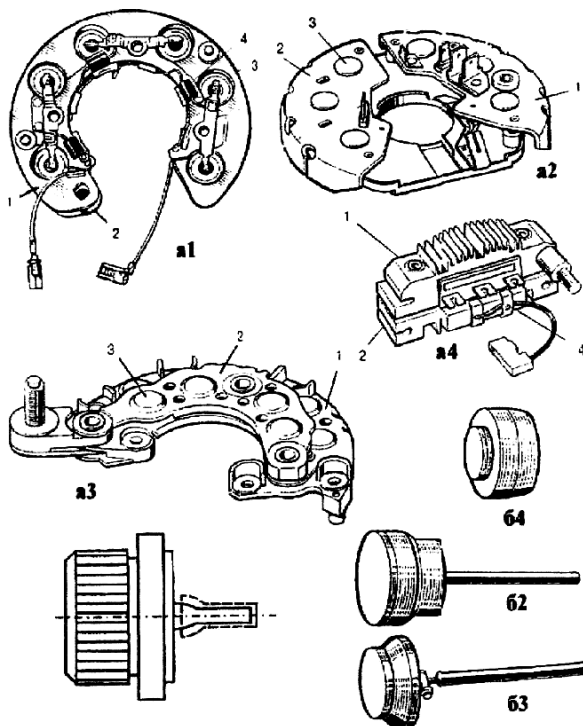
U_ϕ , U_λ – фазное и линейное напряжения соответственно; 1, 2, 3 – обмотки трех фаз статора; 4 – диоды силового выпрямителя; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – нагрузка; 7 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 8 – обмотка возбуждения; 9 – регулятор напряжения

Рисунок 2.2 – Принципиальная схема генераторной установки

Выпрямитель переменного тока, встроенный в крышку генератора, состоит из трех кремниевых диодов VD1, VD3, VD5, установленных на изолированной от корпуса пластине генератора при помощи втулок и шайб, соединенной с выводом «+» генераторной установки, и трех кремниевых диодов VD2, VD4, VD6, закрепленных непосредственно на крышке, соединенной с выводом «-» («массой»).

Выпрямители генераторов в соответствии с рисунком 2.3 используют диоды Д104-20, Д104-25 и Д104-35, рассчитанные соответственно на максимально допустимые токи 20, 25 и 35 А, или их аналоги, имеющие такие же размеры и характеристики, а также в последних конструкциях силовые стабилитроны. Диоды выполняются в корпусе диаметром 12,77 мм в модификациях с анодом или катодом на корпусе для запрессовки соответственно в отрицательный или положительный теплоотводы. В трехфазных генераторах максимальный ток генератора не должен превышать утроенное значение максимально допустимого тока через диод, установленный в выпрямителе. Если это происходит, применяют параллельное вклю-

чение диодов или выпрямителей. Подключение обмотки возбуждения к дополнительному выпрямителю препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля. В дополнительном выпрямителе устанавливаются диоды на ток не более 2 А.



a1 – выпрямительный блок БПВ 11-60 генератора 37.3701; a2 – выпрямительный блок генератора BOSCH; a3 – выпрямительный блок генераторов Nippon Denso; a4 – выпрямительный блок генераторов Magneti Marelli; 61, 62, 63, 64 – диоды этих блоков соответственно; 1 – положительный теплоотвод; 2 – отрицательный теплоотвод; 3 – диоды основного выпрямителя; 4 – диоды дополнительного выпрямителя

Рисунок 2.3 – Выпрямители генераторов

По частоте переменного тока генератора можно измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя, что и используется в реальных схемах подключением тахометра или любого другого устройства, реагирующего на частоту вращения коленчатого вала, к выводу обмотки статора.

Если пренебречь падением напряжения в обмотке статора, то напряжение на выходе генератора можно выразить формулой

$$U \approx E = C \cdot n \cdot \Phi, \quad (2.1)$$

где U – напряжение на выходе генератора,

E – ЭДС генератора;

C – постоянный коэффициент;

n – частота вращения ротора генератора;

Φ – магнитный поток генератора.

Из формулы (2.1) следует, что чем выше частота вращения, тем больше напряжение генератора. Чтобы получить постоянство напряжения при разных скоростях вращения и нагрузках генератора, необходимо изменять магнитный поток Φ , который, в свою очередь, зависит от силы тока или времени включения тока в обмотке возбуждения. Характер изменения напряжения выпрямленного тока в функции частоты вращения ротора представлен на графиках (рисунок 2.4). Последний способ получил широкое распространение в регуляторах напряжения. Питание обмотки возбуждения осуществляется от аккумуляторной батареи или от самого генератора. В последнем случае если обмотку возбуждения не подключать к аккумуляторной батарее, то генератор работает за счет самовозбуждения: его первоначальное напряжение образуется за счет остаточного магнетизма полюсных наконечников ротора при отсутствии тока в обмотке возбуждения, напряжение возрастает медленно, пропорционально увеличению частоты вращения ротора (кривая 1). Это напряжение вызывает появление электрического тока в обмотке возбуждения, в результате чего магнитный поток усиливается и вызывает лавинный процесс возбуждения генератора. Однако самовозбуждение генератора происходит на высоких частотах вращения ротора. Поэтому в схему генераторной установки, если обмотка возбуждения не соединена с аккумуляторной батареей напрямую, соединяют через контрольную лампу мощностью 2–3 Вт. Небольшой ток, поступающий через эту лампу в обмотку возбуждения, обеспечивает возбуждение генератора при низких частотах вращения ротора. При подключении к обмотке возбуждения тока вокруг ротора образуется мощное электромагнитное поле, поэтому полное возбуждение генератора наступает при более низкой частоте вращения ротора (кривая 2).

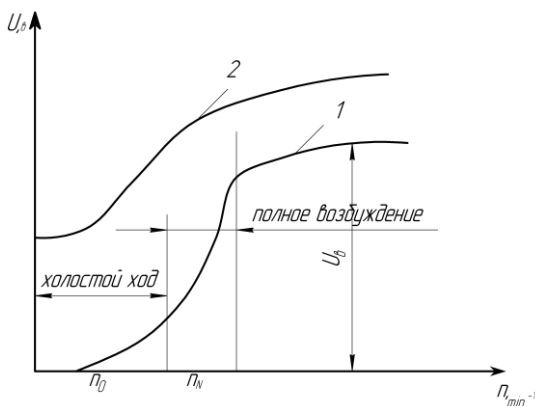


Рисунок 2.4 – Зависимость изменения выходного напряжения генератора от частоты вращения ротора

Ограничение максимального тока генератора осуществляется путем соответствующего подбора количества витков статора, при котором уменьшается начальная скорость вращения ротора генератора на холостом ходу. С увеличением частоты вращения вала ток генератора увеличивается медленнее и не превосходит заданного максимального значения, т.е. генератор приобретает свойство самоограничения отдаваемого им тока (рисунок 2.5).

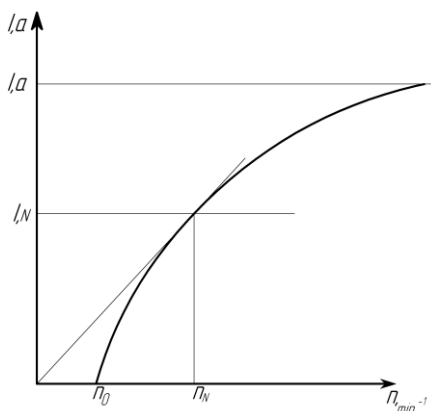


Рисунок 2.5 – Самоограничение силы тока генератора

Номинальная мощность генератора определяется произведением номинального напряжения на максимальную силу выходного тока.

Максимальный ток, отдаваемый генератором, указывается обычно при частоте вращения 5000 мин^{-1} , а для современных генераторов – при частоте 6000 мин^{-1} .

1.2.2. Регуляторы напряжения

Работа регулятора напряжения заключается в автоматическом поддержании такой величины среднего тока возбуждения генератора ($I_{\text{в}}$), при которой величина регулируемого напряжения ($U_{\text{рег}}$) остается практически постоянной при изменении тока нагрузки генератора и в диапазоне изменения скорости вращения ротора генератора n_r , начиная от некоторой скорости n_n , при которой генератор в процессе самовозбуждения достигает напряжения, равного регулируемому (рисунок 2.6).

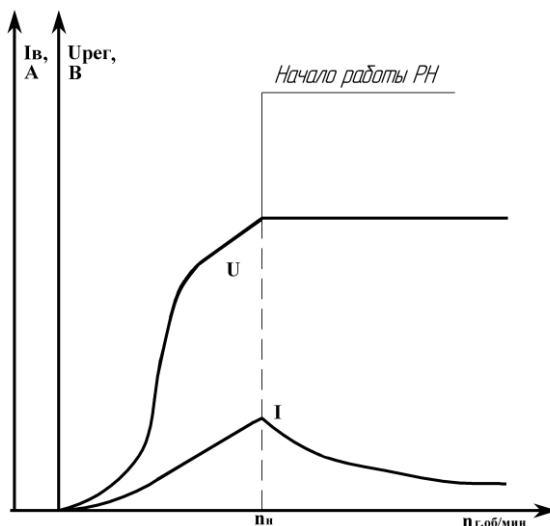


Рисунок 2.6 – Зависимость выходного напряжения генератора при работе регулятора напряжения

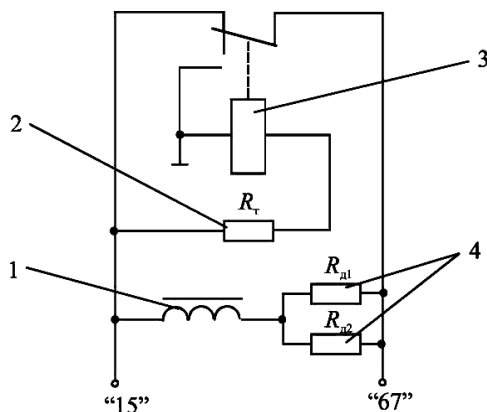
По способу регулирования силы тока возбуждения регуляторы подразделяют на два вида:

- непрерывного действия, в которых все сигналы представляют собой непрерывные функции времени с изменением проводимости материалов (например, угольный регулятор напряжения);

– дискретного действия, осуществляющие модулирование сигналов (амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ) и др.)

По конструктивным признакам и применяемой элементной базе регуляторы напряжения подразделяют на контактные (вибрационные), контактно-транзисторные и бесконтактные (транзисторные, тиристорные и интегральные).

Контактные (вибрационные) регуляторы напряжения. На первых моделях автомобилей семейства ВАЗ, ГАЗ и других широко использовались вибрационные контактные регуляторы напряжения типа РР380, которые позднее без каких-либо изменений в системе электрооборудования автомобиля заменены на электронные бесконтактные регуляторы типа РР350 и 121.3702. На рисунке 2.7 представлена электрическая принципиальная схема регулятора напряжения РР380.



1 – дроссель; 2 – термокомпенсирующий резистор; 3 – обмотка регулятора;
4 – дополнительные резисторы

Рисунок 2.7 – Электрическая принципиальная схема регулятора напряжения РР-380

После включения зажигания в цепи обмотки возбуждения генератора протекает ток. Через обмотку регулятора напряжения также протекает ток, но еще не настолько сильный, чтобы якорь притянулся к сердечнику и разомкнулась верхняя пара контактов регулятора напряжения. После пуска двигателя выпрямленное напряжение генератора больше напряжения аккумуляторной батареи. Обмотка

возбуждения генератора и обмотка регулятора напряжения питаются от генератора. Аккумуляторная батарея заряжается.

При возрастании частоты вращения ротора генератора напряжение увеличивается, когда оно достигнет 13,2–14,3 В, вступает в действие первая ступень регулирования. Магнитное притяжение якоря преодолевает натяжение пружины, и якорь притягивается к сердечнику. Верхняя пара контактов размыкается, и в цепь обмотки возбуждения включаются дополнительные резисторы.

Напряжение генератора падает, соответственно уменьшается и магнитное притяжение якоря к сердечнику. Пружина оттягивает якорь в исходное положение, верхние контакты замыкаются, напряжение генератора снова повышается, описанный цикл повторяется. Замыкание и размыкание верхней пары контактов происходит с частотой 25–250 раз в секунду, напряжение генератора на выходе выпрямителя с такой же частотой то повышается, то понижается. Благодаря высокой частоте размыкания и замыкания контактов колебание напряжения незаметно, можно считать его практически постоянным, поддерживаемым на уровне 13,2–14,3 В. При высокой частоте вращения ротора напряжение генератора повышается до 13,9–14,5 В. При таком напряжении вступает в действие вторая ступень регулирования. Якорь притягивается к сердечнику до замыкания нижней пары контактов. При этом оба конца обмотки возбуждения замыкаются на «массу». Ток в обмотке возбуждения резко падает до нуля, напряжение генератора также резко уменьшается. Это приводит к уменьшению силы тока в обмотке регулятора и снижению магнитного притяжения якоря к сердечнику. Пружина оттягивает якорь от сердечника, нижние контакты размыкаются, и описанный процесс повторяется снова с частотой 80–100 раз в секунду.

Электронные (бесконтактно-транзисторные) регуляторы напряжения. В бесконтактно-транзисторном регуляторе напряжения в качестве управляющего (исполнительного) органа используется транзистор, а в качестве измерительного элемента – кремниевый стабилитрон. Такие бесконтактные регуляторы содержат два или три усилительных каскада. Наличие трех каскадов повышает общий коэффициент усиления схемы, что позволяет повысить точность регулирования. Примером является регулятор напряжения РР350, электрическая принципиальная схема которого показана на рисунке 2.8.

закрыт, а следовательно, закрыт и транзистор VT_1 , так как на его базе присутствует положительный потенциал, поступающий через резистор R_5 , а структура транзистора VT_1 $p - n - p$. При этом транзистор VT_2 открыт, потому что на его базе присутствует отрицательный потенциал, поступающий через резистор R_7 . В данном случае ток цепи управления транзистора проходит по пути: «+», резистор R_9 , диод D_1 , эмиттерно-базовый переход транзистора VT_2 , резистор R_7 , «-». Открытый транзистор создает цепь тока базы выходного транзистора VT_3 : «+», резистор R_9 , диод D_1 , эмиттерно-коллекторный переход транзистора VT_2 , резистор R_8 , «-». При этом на базе присутствует отрицательный потенциал, который открывает выходной транзистор VT_3 . Через его эмиттерно-коллекторный переход протекает ток возбуждения генератора, выходное напряжение генератора возрастает. При достижении генератором уровня напряжения, равного регулируемому, напряжение на средней точке делителя достигает значения напряжения стабилизации.

Стабилитрон $D_{ст}$ пробивается, и ток его стабилизации протекает следующим образом: «+», эмиттерно-базовый переход транзистора VT_1 с параллельно включенным резистором R_5 , стабилитрон $D_{ст}$, параллельное соединение последовательно соединенных резистора R_3 и дросселя Dr и последовательно соединенных терморезистора R_t , резистора R_2 , «-». На базе транзистора образуется отрицательный потенциал, который открывает транзистор VT_1 . В результате этого транзистор VT_1 шунтирует вход транзистора VT_2 путем подачи на его базу положительного потенциала. При этом путь тока будет следующим: «+», эмиттерно-коллекторный переход транзистора VT_1 , резистор R_7 , «-». Транзистор VT_2 закрывается, прерывая цепь тока базы выходного транзистора VT_3 . На базе данного транзистора возникает положительный потенциал, поступающий через резистор R_9 . Выходной транзистор VT_3 закрывается, при этом начинают снижаться ток возбуждения и напряжение генератора. Напряжение на стабилитроне становится ниже уровня стабилизации, стабилитрон закрывается, что приводит к переключению схемы в первоначальное состояние.

Дроссель Dr служит для сглаживания пульсаций напряжения, подающегося на стабилитрон $D_{ст}$.

Терморезистор R_t служит для компенсации повышения напряжения при нагреве из-за повышения сопротивления дросселя и изменения характеристик полупроводников в горячем состоянии. Тер-

морезисторы имеют экспоненциальную зависимость сопротивления от температуры. Цепочка из терморезистора R_1 и R_2 , включенная параллельно правому плечу входного делителя, выбрана таким образом, что результирующее активное сопротивление этого плеча делителя при повышении температуры не только не повышается из-за увеличения активного сопротивления обмотки дросселя, но несколько снижается. Благодаря этому уровень регулируемого напряжения при повышенной температуре уменьшается.

Резистор R_1 является подстроечным, его величина подбирается при заводской настройке уровня регулируемого напряжения.

Работа транзистора в режиме переключений (в режиме «ключа») является, как известно, наиболее рациональным режимом с точки зрения обеспечения минимальной мощности, рассеиваемой в транзисторе. Работая в данном режиме, транзистор находится в одном из двух состояний:

а) «открыт». При этом рабочая точка расположена в зоне насыщения выходной характеристики транзистора, т.е. при наличии коллекторного тока, равного амплитудному значению тока возбуждения, падение напряжения на переходе эмиттер-коллектор незначительно, следовательно, незначительна и мощность, выделяющаяся в транзисторе;

б) «закрыт». При этом рабочая точка находится в зоне отсечки выходной характеристики; коллекторный ток здесь незначителен и определяется лишь током тепловой неустойчивости, величина которого может быть сведена практически к нулю. Хотя в состоянии «закрыт» на переходе эмиттер-коллектор будет действовать полное напряжение генератора, мощность, рассеиваемая в транзисторе, здесь также незначительна.

Наибольшая мощность, рассеиваемая в транзисторе, работающем в режиме ключа, будет иметь место при переходе транзистора из состояния «закрыт» в состояние «открыт», и наоборот, т.е. на фронтах переключений, поэтому необходимо, чтобы длительность фронтов была незначительной.

Непременным элементом любого транзисторного регулятора напряжения является контур гашения ЭДС самоиндукции обмотки возбуждения, выполняемый обычно в виде диода D_r , который шунтирует ток самоиндукции обмотки возбуждения, возникающий в моменты закрытого состояния транзистора. Если бы не было гася-

шего контура, то ЭДС самоиндукции через силовой выпрямитель генератора выделялась на закрытом транзисторе, что могло бы вызвать пробой эмиттерно-коллекторного перехода, т.к. ЭДС самоиндукции достигает нескольких сот вольт из-за значительной индуктивности обмотки возбуждения генератора.

Резистор R_6 является цепочкой положительной обратной связи, которая предназначена для улучшения качества фронтов переключений и снижения частоты переключений. При открытом состоянии регулятора, т.е. когда транзисторы VT_3 и VT_2 открыты, а транзистор VT_1 и стабилитрон $D_{ст}$ закрыты, потенциал точки a , к которой присоединен один вывод R_6 , выше потенциала точки b , к которой присоединен другой вывод R_6 . Более высокий потенциал точки a при открытом состоянии транзисторов T_3 и T_2 определяется тем, что величина падения напряжения между «+» и точкой a при этом ниже, чем величина падения напряжения между «+» и точкой b . Ток через R_6 (будем называть его в дальнейшем током обратной связи) протекает по цепи: «+», резистор R_9 , диод D_1 , эмиттерно-коллекторный переход транзистора VT_2 , резистор R_6 , дроссель Dp , «-». Ток обратной связи создает дополнительное падение напряжения на активном сопротивлении обмотки дросселя Dp , кроме основного падения схемы делителя. Переходной режим включает переключения схемы из открытого состояния в закрытое, и наоборот. Процесс пробоя стабилитрона в силу свойств его характеристики (наличие на перегибе характеристики «закругленного» пологого участка, где характеристика близка к линейной) не происходит мгновенно, поэтому без обратной связи переход транзисторов схемы из открытого состояния в закрытое, и наоборот, происходил бы относительно медленно, т.е. длительность фронтов была бы значительна, что вызвало бы дополнительные потери в транзисторах, которые бы приводили к перегреву транзисторов и выходу их из строя. Без обратных связей длительность фронтов достигает нескольких миллисекунд, обратные связи снижают это время в несколько десятков раз.

В процессе пробоя стабилитрона, а следовательно, в процессе открывания транзистора VT_1 и перехода в закрытое состояние транзисторов VT_2 и VT_3 потенциал точки a снижается, так как сопротивление перехода эмиттер-коллектор транзистора VT_2 возрастает в процессе закрывания транзистора. Ток обратной связи, протекающий в направлении от точки a к точке b , снижается, значит, снижа-

ется и дополнительное падение напряжения на активном сопротивлении обмотки дросселя, вызванное этим током. Снижение напряжения на дросселе вызывает повышение тока через стабилитрон, что способствует ускорению перехода транзистора VT_1 в открытое состояние. Кроме того, наличие исчезающего тока в дросселе приводит к возникновению ЭДС самоиндукции на нем, что приводит к смещению потенциала средней точки делителя в отрицательную сторону. Ускорение перехода транзистора VT_1 в открытое состояние вызывает ускорение перехода транзисторов VT_2 и VT_3 в закрытое состояние, что, в свою очередь, приводит к еще большему снижению потенциала точки a .

Таким образом, процесс форсирования происходит лавинообразно, время перехода схемы в состояние «закрыт» резко сокращается. В конце процесса, когда транзисторы VT_3 и VT_2 полностью закрыты, потенциал точки a становится равным отрицательному потенциалу, а потенциал точки b становится выше, и ток обратной связи меняет направление, протекая по цепи: «+»; параллельная цепочка, состоящая из параллельно соединенных перехода эмиттер-база транзистора VT_1 и резистора R_5 с последовательно включенным стабилитроном $D_{ст}$ с одной стороны и параллельно включенными резисторами R_1 и R_4 с другой, резистор R_3 , резистор R_6 , резистор R_8 , «-». При этом ток обратной связи создает на правом плече делителя дополнительное падение напряжения, которое вместе с составляющей падения напряжения на делителе «удерживает» стабилитрон в открытом состоянии. Процесс обратного перехода схемы из закрытого состояния в открытое, т.е. процесс закрывания стабилитрона, при наличии обратной связи происходит следующим образом. Как только регулируемое напряжение снизится до минимального уровня, стабилитрон начинает закрываться, схема переходит в открытое состояние. В процессе переключения сопротивление эмиттерно-коллекторного перехода транзистора VT_1 увеличивается, а сопротивление транзисторов T_3 и T_2 уменьшается, что приводит к повышению потенциала точки a . Ток обратной связи снова протекает в направлении от точки a к точке b и далее через обмотку дросселя. При этом потенциал делителя смещается в положительную сторону, в результате чего стабилитрон $D_{ст}$ мгновенно закрывается.

Кроме ускорения переключения, обратная связь способствует, также и снижению частоты переключений, так как в закрытом состоя-

нии схемы она обеспечивает некоторое избыточное напряжение на стабилитроне. Поэтому время снижения выходного напряжения генератора при закрытом выходном транзисторе увеличивается, а в открытом состоянии схемы обратная связь обеспечивает некоторое избыточное снижение напряжения на стабилитроне. Для последующего переключения схемы в закрытое состояние напряжение генератора должно несколько превысить уровень, при котором напряжение на делителе достигает значения напряжения стабилизации. Увеличение времени состояний «открыт» и «закрыт» регулятора определяет снижение частоты переключений.

Работа регулятора напряжения 121.3702 подобна рассмотренному выше регулятору. Отключение и включение обмотки возбуждения генератора происходит с высокой частотой, поэтому колебания напряжения сети практически незаметны. Различные схемные решения электронных регуляторов содержат кроме основных элементов еще ряд дополнительных, повышающих качество и надежность их работы. Характерной конструктивной особенностью электронного регулятора 121.3702 является блочный принцип. По конструктивно-технологическим признакам регулятор напряжения относится к блокам со смешанным монтажом и навесными электрическими элементами. Монтаж платы – печатный, внутриблочный монтаж – объемный. Регулятор напряжения размещен в корпусе из цинкового сплава, в котором имеются разъемы для подключения его к обмотке возбуждения генератора и выводу «+» генератора (через выключатель зажигания). Корпус соединен с «массой» и закрыт пластмассовой крышкой. Электронный блок состоит из двух узлов: печатной платы с навесными электрическими элементами и теплоотвода, к которому посредством металлической планки крепится силовой транзистор, электрически изолированный от теплоотвода при помощи слюдяной прокладки.

Интегральные регуляторы напряжения. Регулятор Я112А предназначен для работы с 14-вольтными генераторами. Его электрическая принципиальная схема представлена на рисунке 2.9. Интегральные регуляторы благодаря своим малым габаритным размерам и массе (50 г) встраиваются в щеткодержатель генератора. Регулятор состоит из металлического основания, на которое наклеено интегральное регулирующее устройство, состоящее из отдельных блоков: блока пленочных резисторов, блока полупроводниковых приборов (транзисторов, диодов, стабилитрона) и отдельных элементов,

например, конденсаторов. Блоки представляют собой керамические пластинки, обладающие высокой теплопроводностью, на которые напаяны или наклеены бескорпусные транзисторы, диоды, стабилитроны и нанесены резисторы в виде толстых пленок. Каждый бескорпусный транзистор, диод и стабилитрон состоит из тонкой пластинки кремния, в которую вплавляют капельки примесей, что и создает p - n - или n - p -переходы.

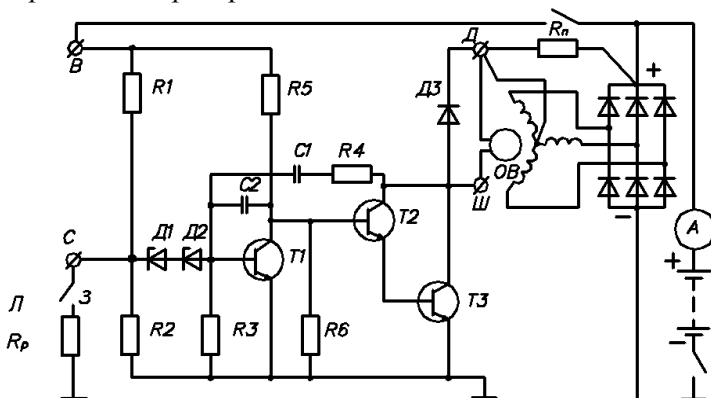


Рисунок 2.9 – Схема интегрального регулятора напряжения Я112А

Резисторы в виде толстой пленки из резистивной пасты ПР-500 и соединяющие проводники из проводниковой пасты ПП-1 наносятся на керамические пластинки методом трафаретной печати. После нанесения элементов они подвергаются термической обработке. Выводы блоков резисторов, транзисторов и отдельных элементов соединяются бесфлюсовой пайкой. Регулирующее устройство закрывается крышкой, которая приклеена к основанию, и заливается специальной герметизирующей пастой.

Технологический ключ (выступ) обеспечивает правильную установку регулятора в щеткодержателе. Особенностью интегральных регуляторов напряжения является применение в них кремниевых транзисторов n - p - n структуры, а также составных транзисторов для повышения коэффициента усиления по току. В схеме регулятора составной транзистор состоит из транзисторов T_2 и T_3 . Работу составного транзистора можно рассматривать как работу одного транзистора с большим коэффициентом усиления по току. Эмиттером составного транзистора

является эмиттер транзистора T_3 , а базой – база транзистора T_2 , коллекторы обоих транзисторов соединены между собой.

Регулятор напряжения Я112А работает следующим образом. Когда выходное напряжение генератора ниже заданной величины, стабилитроны D_1 и D_2 не пропускают ток, так как напряжение на них меньше напряжения стабилизации. При этом транзистор T_1 закрыт, потому что потенциал базы отрицательный, а структура транзистора $n-p-n$, и для его открывания требуется наличие положительного потенциала относительно эмиттера. В таком случае в базовой цепи составного транзистора имеется положительный потенциал, поступающий через резистор R_5 . Этому соответствует прохождение тока по цепи: «+», резистор R_5 , резистор R_6 , «-». В результате этого составной транзистор открывается, соединяя цепь обмотки возбуждения генератора с отрицательным потенциалом источников тока через коллекторно-эмиттерный переход. Цепь тока обмотки возбуждения: «+», резистор R_n , выключатель ВЗ, обмотка возбуждения ОВ генератора, переход коллектор-эмиттер составного транзистора T_2-T_3 , «-». Когда напряжение генератора достигает заданного значения 13,5–14,2 В, происходит резкое снижение сопротивления стабилитронов D_1 и D_2 , ток управления проходит по цепи через резистор R_1 , стабилитроны D_1 и D_2 , переход база-эмиттер транзистора T_1 , «-». В результате транзистор T_1 открывается и пропускает ток через переход коллектор-эмиттер, вследствие этого на базе составного транзистора T_2-T_3 возникает отрицательный потенциал и составной транзистор закрывается. При этом ток в цепи обмотки возбуждения прерывается, что приводит к снижению выходного напряжения генератора. Напряжение на стабилитроне также уменьшается и становится меньше напряжения стабилизации. Сопротивление стабилитрона возрастает, ток через него прекращает идти и транзистор T_1 закрывается, а составной транзистор T_2-T_3 открывается. Далее процесс повторяется.

Цепочка обратной связи, состоящая из конденсатора C_1 и резистора R_4 , ускоряет открывание и закрывание транзисторов. Когда составной транзистор T_2-T_3 закрывается, положительный потенциал его коллектора повышается и по цепочке обратной связи R_4-C_1 и переходу база-эмиттер транзистора T_1 , а также через резистор R_3 действует импульс тока, способствующий более быстрому открыванию транзистора T_1 , что ускоряет закрывание транзистора T_2-T_3 .

Конденсатор C_1 при этом заряжается. Когда составной транзистор T_2 – T_3 открывается, конденсатор C_1 разряжается по цепи: конденсатор C_1 , резистор R_4 , коллекторно-эмиттерный переход составного транзистора T_2 – T_3 , «–», резистор R_3 , а также базово-эмиттерный переход транзистора T_1 , конденсатор C_1 . При этом на базе транзистора T_1 образуется отрицательный потенциал, что способствует более быстрому закрыванию транзистора T_1 , а следовательно, открыванию составного транзистора T_2 – T_3 . При закрывании составного транзистора прерывается ток в цепи обмотки возбуждения генератора и в обмотке индуцируется ЭДС самоиндукции. Под действием этой ЭДС создается ток самоиндукции, который проходит через гасящий диод ДЗ, тем самым предотвращается пробой транзисторов T_2 – T_3 . Конденсатор C_2 выполняет роль фильтра для сглаживания пульсаций работы регулятора напряжения.

В некоторых регуляторах напряжения используется регулирование выходного напряжения генераторной установки для улучшения условий заряда и повышения срока службы аккумуляторной батареи. Регулирование напряжения осуществляется винтом, ввернутым в корпус щеткодержателя. На корпусе у винта нанесены буквы З и Л и изображена стрелка, указывающая направление вращения винта при регулировке напряжения для зимнего З и летнего Л режимов заряда аккумуляторной батареи. С помощью винта изменяются потенциал точки делителя напряжения и момент включения стабилизатора напряжения. Если винт ввернуть до упора в корпус, то напряжение генератора повысится на 1–2 В, что соответствует зимнему режиму заряда батареи. Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения в отдельных системах электроснабжения применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включаемый в схему регулятора напряжения. В простейшем случае термокомпенсация в регуляторе подобрана таким образом, что в зависимости от температуры поступающего в генератор охлаждающего воздуха напряжение генераторной установки изменяется в заданных пределах. Современные регуляторы напряжения оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который при неработающем двигателе переводит выходной транзистор в колебательный режим, при котором ток в обмотке возбуждения невелик.

Работа регулятора Я120 аналогична работе регулятора Я112А. Работает совместно с генератором Г273 с номинальным напряжением 28 В. Регулятор Я120 отличается от регулятора Я112 в основном величинами сопротивлений резисторов делителя напряжения и схемой включения в цепь питания обмотки возбуждения генератора.

2. Характерные неисправности генераторных установок, методы их обнаружения и устранения

Генераторная установка исправна, если обеспечивает заряд аккумуляторной батареи, развивает напряжение, не опасное для потребителя, и работает без шума. Современные генераторные установки являются высоконадежными агрегатами и часто за их отказ принимают отсутствие контакта или короткое замыкание в проводке автомобиля, срабатывание предохранителя, отказ амперметра и т.п. Характерные неисправности генераторных установок и методы их устранения приведены в таблице 2.1.

Некачественное соединение между выводами генератора и регулятора напряжения приводит к изменению выходного напряжения системы электроснабжения. В частности, повышенное сопротивление на участке между выводами «масса» генератора и регулятора (у автомобилей ВАЗ оно не должно превышать 0,01 Ом) вызывает перезаряд аккумуляторной батареи из-за роста напряжения генераторной установки.

На автомобилях ВАЗ с генератором Г221 и регулятором напряжения 121.3702 повышенное сопротивление участков между генератором и регулятором вызывает мигание лампы контроля заряда на щитке приборов при работе двигателя на малой частоте вращения коленчатого вала. Повышенное сопротивление может возникнуть из-за ослабления пружины держателя предохранителя в цепи регулятора напряжения, плохого контакта в выключателе зажигания или в штекерных соединениях, нарушения соединения регулятора с «массой» автомобиля. Если амперметр при работающем двигателе автомобиля показывает малую силу тока или вообще ничего не показывает, это еще не значит, что генераторная установка неисправна – аккумуляторная батарея может быть просто полностью заряжена. В этом случае нужно следить за показаниями амперметра сразу после пуска двигателя. Постепенное уменьшение зарядного тока указывает на исправность генераторной установки.

Таблица 2.1 – Неисправности генераторных установок и способы их устранения

Неисправности	Причины появления	Способы устранения
1	2	3
Генераторная установка не обеспечивает заряд аккумуляторной батареи. Напряжение генератора достигает регулируемой величины только при повышенной частоте вращения ротора. Недостаточная мощность генератора	Окисление выводов аккумуляторной батареи	Зачистка и смазка выводов аккумуляторной батареи
	Нарушение проводки между элементами генераторной установки и потребителями	Устранение нарушений цепей коммутации
	Слабое натяжение приводного ремня	Установка натяжения ремня привода
	Повышенное падение напряжения в контактных соединениях цепи между регулятором напряжения и бортовой сетью	Устранение нарушений цепей коммутации
	Повышенное сопротивление или обрыв цепи обмотки возбуждения	Припайка концов обмотки к контактным кольцам
	Замыкание обмотки возбуждения на корпус ротора	Устранение замыкания на корпус, замена обмотки или ротора
	Межвитковое замыкание в катушке обмотки возбуждения при перегреве или механическом повреждении	Устранение межвиткового замыкания, замена обмотки или ротора
	Замыкание обмотки статора на корпус вследствие механического или теплового повреждения изоляции	Устранение замыкания на корпус, замена обмотки или статора
Аккумуляторная батарея разряжается через обмотку статора Перезаряд аккумуляторной батареи Резкие колебания стрелки амперметра	Обрыв одной фазы в цепи обмотки статора	Устранение обрыва, замена обмотки или статора
	Межвитковое замыкание в катушках обмотки статора	Устранение межвиткового замыкания, замена обмотки или статора
	Пробой диодов выпрямителя	Замена диодов выпрямителя или выпрямителя
	Неисправность регулятора напряжения	Замена регулятора напряжения
	Загрязнение и замасливание контактных колец, большой износ щеток, уменьшение давления пружин на щетки и зависание щеток в щеткодержателе	Очистка контактных колец и щеток, замена щеткодержателей, пружин и щеток

1	2	3
Перегрев и выход из строя генераторной установки	Замыкание зажима «+» генератора на корпус	Устранение разрушения изоляции зажима или изоляции провода

Определенную информацию о работоспособности генераторной установки, снабженной лампой контроля заряда аккумуляторной установки, можно получить по поведению этой лампы. Прежде всего следует убедиться, что сама лампа и реле ее включения, а также все соединения схемы, в том числе контакты выключателя зажигания, исправны. В этом случае, если лампа не горит при неработающем двигателе при включении выключателя зажигания, причиной может являться замыкание обмотки статора на «массу» или замыкание минусовых диодов. После запуска и выхода двигателя на нормальный режим работы у исправной генераторной установки лампа должна погаснуть. Тем не менее контрольная лампа не контролирует отказ регулятора напряжения, связанный с незакрыванием выходного транзистора, главным образом с коротким замыканием внутри выходного транзистора регулятора. В этом случае напряжение генераторной установки не регулируется и достигает недопустимо высоких значений, но лампа после запуска гаснет как и у нормально работающей установки. Наиболее полную и правильную информацию о работоспособности генераторной установки может дать вольтметр с пределами измерений до 15–30 В (для генераторных установок с номинальным напряжением 28 В предел измерений вольтметра должен быть выше). При полностью заряженной аккумуляторной батарее, включенных фарах дальнего света и средних частотах вращения коленчатого вала двигателя напряжение генераторной установки между выводом «+» (вывод «30» у генераторов автомобилей ВАЗ) и «массой» должно быть в пределах 13–15 В (26–30 В у системы на напряжение 28 В). Низкое напряжение может быть вызвано отказом как генератора, так и регулятора, высокое – только отказом регулятора или повышенным падением напряжения в цепи включения регулятора в бортовую сеть. Причиной низкого напряжения может быть слабое натяжение приводного ремня, которое следует проверить. Соответствие генераторных установок предъявляемым к ним техническим требованиям и их исправность можно

проверить на стенде, сняв генераторную установку с двигателя автомобиля.

3. Проверка технического состояния и обслуживание генераторов

Проверку генераторов и регуляторов напряжения, снятых с автомобиля, производят на стендах Э-211, 532-2М и др. Проверка технического состояния генераторов непосредственно на автомобиле производится с помощью прибора Э-214 или передвижного электронного стенда Э-205 на постах диагностирования электрооборудования автомобилей.

В первую очередь измеряется напряжение на зажимах «+» и «-» генератора при средней и большой частоте вращения двигателя. Актуальным является способ диагностирования генераторной установки с помощью осциллографа как в режиме штатного функционирования, так и при проверке на стенде. Используя эталонные осциллограммы можно с достаточной точностью определить не только неисправность генераторной установки в целом, но и конкретную неисправность, а также установить причину ее появления.

3.1. Меры безопасности при работе на стенде модели 532-2М

Перед началом работы необходимо проверить надежность подключения стенда к заземляющему контуру. Не допускается работа на стенде со снятыми стенками и открытой дверкой защиты приводного шкива.

Запрещается перемещать рукоятку регулировки скорости вращения привода генератора при неработающем электродвигателе. После окончания работы стенд должен быть отключен от сети.

3.2. Подготовка стенда модели 532-2М к работе

Перед каждым включением стенда и после окончания проверки (испытания генератора, генераторной установки) все рукоятки управления необходимо установить в исходное положение в соответствии с рисунком 2.10:

– переключатель 4(В4) устанавливается в положение «12V» или «24V» в зависимости от номинального напряжения проверяемого генератора;

- переключатель 5(B3) устанавливается в положение «0»;
- переключатель 15(B1) устанавливается в положение «Об/мин» для измерения частоты вращения;
- переключатель 22(B9) устанавливается в положение «0»;
- переключатели 1(B5) и 8(B6) устанавливаются в положение «50А»;
- переключатель 6(B7) устанавливается в положение «2»;
- переключатель 11(B8) устанавливается в положение «2»;
- рукоятки 2 и 3 нагрузочного и регулировочного реостатов поворачиваются влево до упора;
- рукоятка 23 управления частотой вращения привода электродвигателя от себя до упора.

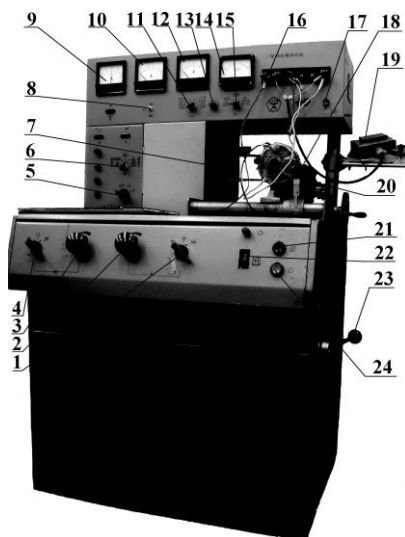
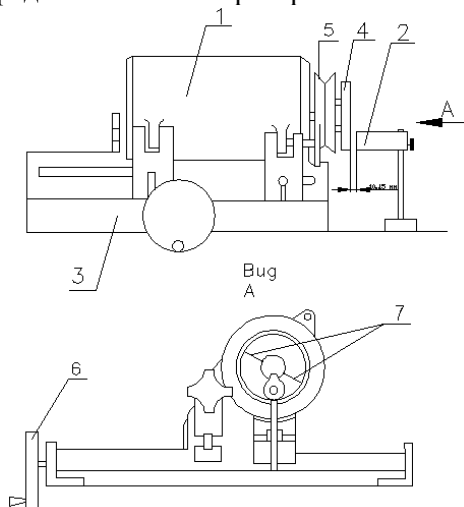


Рисунок 2.10 – Внешний вид стенда 532-2М
для проверки генераторных установок

Установка генератора на стенде производится в зажимном устройстве 20, как показано на рисунке 2.11. Шкив генератора 5 соединяется с приводным шкивом 7 стенда клиновидным ремнем (см. рисунок 2.10). Натяжение ремня регулируется поворотом рукоятки 6 винтовой подачи зажима 3. Установка регулятора напряжения на стенде производится на поворотной площадке 19 с помощью винтовых зажимов. Площадку необходимо повернуть и закрепить так, чтобы проверяемый регулятор находился в рабочем положении

(как на автомобиле). Интегральный регулятор напряжения устанавливается непосредственно на генераторе.

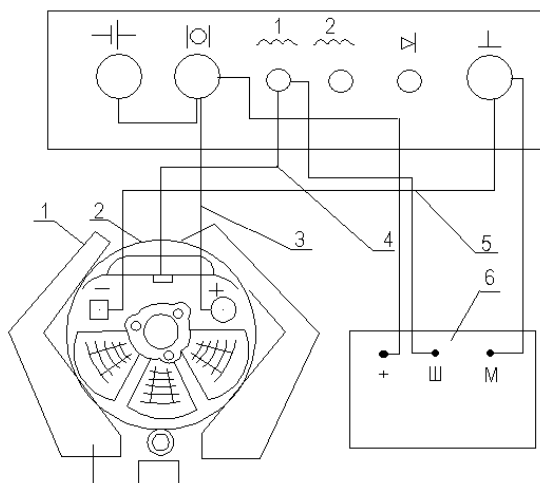


1 – генератор; 2 – датчик тахометра; 3 – зажим; 4 – резиновая втулка;
5 – шкив генератора; 6 – рукоятка ручки зажима; 7 – меновые риски
Рисунок 2.11 – Схема установки генератора и датчика тахометра на стенде

Подготовка тахометра для измерения частоты вращения ротора генератора производится следующим образом:

- на крепежную гайку шкива генератора надевается резиновая втулка 4 и наносится на ее торце белым мелом или наклеиванием полоски белой бумаги или липкой ленты одна или две риски толщиной 1 см по радиусу (см. рисунок 2.11). Если на торце втулки 4 нанесена одна риска, то предел измерения тахометра составляет 10000 мин^{-1} , то есть показания по шкале измерительного прибора умножаются на два. Если на торце втулки нанесены две риски, то предел измерения тахометра составляет 5000 мин^{-1} , то есть показания соответствуют шкале измерительного прибора;
- корпус датчика тахометра 2 прижимается к основанию стенда так, чтобы присоски прочно удерживали его при работе стенда;
- нижний край датчика устанавливается на одном уровне с кромкой резиновой втулки 4, надетой на гайку шкива генератора, на расстоянии 5–10 мм от нее;
- вилка разъема шнура питания датчика вставляется в соответствующее гнездо разъема стенда.

Соединение выводов генератора с разъемами панели 16 стенда производится в соответствии с рисунком 2.12.



- 1 – зажим стенда; 2 – генератор; 3 – положительный вывод генератора;
4 – вывод обмотки возбуждения генератора; 5 – отрицательный вывод генератора; 6 – регулятор напряжения

Рисунок 2.12 – Соединение выводов генератора с разъемами панели стенда

3.3. Проверка генератора переменного тока на начало отдачи

Проверка производится в следующей последовательности:

- устанавливается генератор на стенд и подготавливается тахометр к проведению испытаний (см. раздел 3.2);
- подключается генератор к стенду присоединительными проводами согласно рисункам 2.10 и 2.12;
- включается стенд выключателем 22, а затем электродвигатель кнопкой 21;
- плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки 23 и отслеживаются показания вольтметра 12. Для принудительного возбуждения генератора на 1–2 с нажимается кнопка 17;
- при номинальном напряжении генератора снимаются показания тахометра 14;
- выключается электродвигатель с помощью кнопки 24.

Полученные данные заносятся в журнал наблюдений (таблица 2.2) и сравниваются с данными ТУ.

3.4. Проверка генератора на номинальную мощность

Установка генератора, схема соединения со стендом и положение рукояток остаются прежними. Проверка генератора производится в следующей последовательности:

- включается электродвигатель кнопкой 21;
- плавно увеличиваются частота вращения вала генератора при помощи рукоятки 23 и ток нагрузки вращением рукоятки 2 нагрузочного реостата до номинального значения, указанного в ТУ для испытуемого генератора, так, чтобы напряжение генератора не превышало номинального значения. При необходимости генератор принудительно возбуждается нажатием на 1–2 с кнопки 17;
- при номинальном напряжении и токе нагрузки снимаются показания тахометра 14, заносятся в журнал наблюдений и сравниваются с данными ТУ. Если частота вращения вала генератора не превышает величины, указанной в технической характеристике, генератор исправен;
- выключается электродвигатель с помощью кнопки 24.

3.5. Проверка начальной частоты возбуждения генератора без нагрузки

Установка генератора, схема соединения со стендом и положение рукояток остаются прежними. Проверка генератора производится в следующей последовательности:

- поворачивается рукоятка регулировочного реостата 3 вправо до упора;
- включается электродвигатель кнопкой 21;
- нажимается и удерживается кнопка 17;
- плавно увеличивается частота вращения вала генератора путем поворота рукоятки 23 и отслеживаются показания вольтметра 12;
- при возникновении возбуждения генератора снимаются показания тахометра 14;
- выключается электродвигатель с помощью кнопки 24.

Полученные данные заносятся в журнал наблюдений (см. таблицу 2.2) и сравниваются с данными ТУ.

3.6. Проверка начальной частоты возбуждения генератора под нагрузкой

Установка генератора, схема соединения со стендом и положение рукояток остаются прежними. Проверка генератора производится в следующей последовательности:

- включается электродвигатель кнопкой 21;
- нажимается и удерживается кнопка 17;
- плавно увеличивается частота вращения вала генератора путем поворота рукоятки 23 и отслеживаются показания вольтметра 12;
- после возникновения возбуждения генератора поворачивается рукоятка регулировочного реостата 2 вправо до момента достижения величины номинальной силы тока по амперметру 10, при этом величина напряжения поддерживается на уровне номинальной величины по вольтметру 12 при помощи поворота рукоятки 23;
- рукоятка 23 возвращается в положение, соответствующее минимальной частоте вращения, при этом отслеживается по вольтметру исчезновение тока на выходе генератора;
- нажимается и удерживается кнопка 17;
- плавно увеличивается частота вращения вала генератора путем поворота рукоятки 23 и отслеживаются показания вольтметра 12;
- при возникновении возбуждения генератора снимаются показания тахометра 14;
- выключаются электродвигатель с помощью кнопки 24 и стенд выключателем 22.

Полученные данные заносятся в журнал наблюдений (см. таблицу 2.2) и сравниваются с данными ТУ.

3.7. Проверка регуляторов напряжения

Регулятор напряжения проверяется в комплекте с тем типом генератора, с которым он работает на автомобиле.

Проверка производится в следующей последовательности:

- подготавливаются генератор, регулятор напряжения и тахометр к проведению испытаний;
- подключаются генератор и регулятор напряжения к клеммной панели стенда, как показано на рисунках 2.10 и 2.12;
- устанавливаются переключатели стенда, как указано в разделе 3.2;

- включается стенд выключателем 22 и электродвигатель кнопкой 21;
- плавно увеличивается скорость вращения вала генератора до 3500 мин⁻¹;
- для принудительного возбуждения генератора на 1–2 с нажимается кнопка 17;
- устанавливается сила тока нагрузки вращением рукоятки 2 нагрузочного реостата, равная половине номинальной силы тока генератора, после этого снимаются показания вольтметра 12 и заносятся в журнал наблюдений;
- снимается характеристика регулятора напряжения U (В) от n (об/мин).

Если напряжение генератора будет в пределах, указанных в технической характеристике, регулятор напряжения исправен, если нет – требуется замена регулятора напряжения.

Генератор считается исправным, если частота вращения ротора при номинальной силе тока и номинальном напряжении не превышает номинальной частоты вращения ротора генератора. Если генератор не удовлетворяет техническим условиям, его разбирают и проверяют состояние обмотки возбуждения, обмотки статора и диодов выпрямительного блока.

3.8. Проверка генератора после его разборки

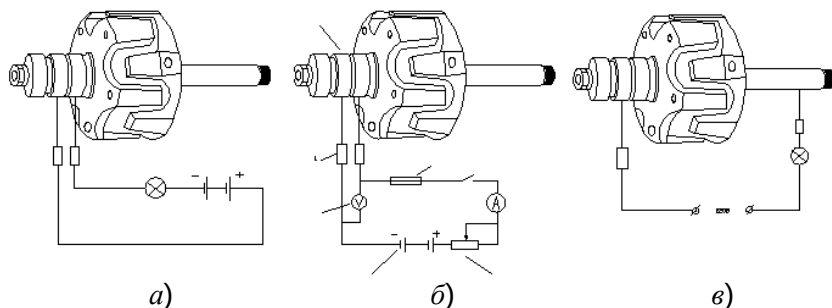
Проверка щеточного механизма.

Для проверки состояния щеткодержателя и щеток следует снять щеткодержатель и при необходимости протереть его и щетки тряпкой, смоченной бензином. Щетки должны свободно перемещаться в щеткодержателях. При износе до высоты менее 8 мм их следует заменить. Для определения давления пружины каждой щетки надо удалять из щеткодержателя одну щетку, а другой, оставшейся в щеткодержателе, нажимать на чашку стрелочных весов (см. рисунок 2.6). Щетка будет входить в щеткодержатель и, когда она будет выступать из щеткодержателя на 2 мм, замечают показание стрелки весов. Эта величина и будет тем давлением, с которым пружина прижимает щетку к контактному кольцу ротора. Так же проверяют давление пружины другой щетки. В генераторах типа Г250, Г271 и

Г272 допускается уменьшение давления пружины на щетку до 140 гс, а в генераторе Г221 – до 220 гс.

Проверка обмотки возбуждения на обрыв.

Проверка производится контрольной лампой, омметром, имеющимся на стендах 532М и др., или отдельным переносным омметром, которые подключаются к контактным кольцам ротора в соответствии с рисунком 2.13, а. Если обмотка оборвана, то лампа гореть не будет, а омметр будет фиксировать бесконечно большое сопротивление. Этот дефект устраняют бескислотной пайкой мягкими припоями. Когда обрыв произошел внутри катушки, производят замену или перемотку катушки.



а) – проверка на обрыв; б) – измерение сопротивления обмотки возбуждения;
в) – проверка замыкания с корпусом ротора

Рисунок 2.13 – Схема проверки обмотки возбуждения

Проверка межвиткового замыкания в катушке обмотки возбуждения.

Проверка производится измерением сопротивления катушки обмотки возбуждения при помощи омметра или по показаниям амперметра и вольтметра при питании обмотки от аккумуляторной батареи (рисунок 2.13, б). Для ограничения силы тока в цепь проверяемой обмотки включают реостат. Перед включением цепи сдвигают ползунок реостата в положение включения полного сопротивления и включают выключатель. Затем подключают щупы к контактным кольцам ротора, реостатом увеличивают силу тока. Замеряют показания амперметра и вольтметра, делением величины измеренного напряжения на силу тока определяют измеряемое сопротивление.

Для более точного и быстрого определения сопротивления обмотки возбуждения используется миллиомметр Е6-18, представленный на рисунке 2.14.

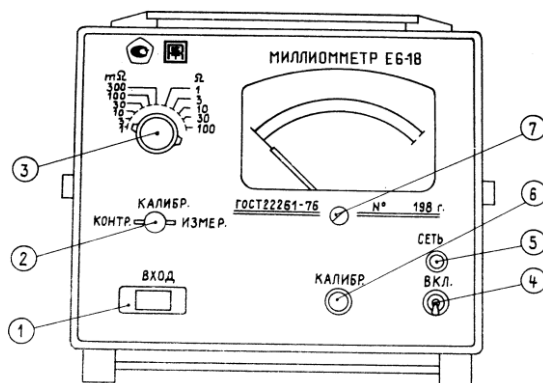


Рисунок 2.14 – Миллиомметр Е6-18

Перед выполнением проверки прибор необходимо подготовить к работе. Для этого подключить кабель к разъему 1 миллиомметра, прибор к сети переменного тока, перевести выключатель 4 в положение «Вкл.», при этом начинает светиться индикатор 5. Прогрев прибора осуществляется в течение 5 минут. Переключатель диапазонов 3 переводится в положение «100 Ом». Переключатель 2 переводится в положение «калибр.» и с помощью регулятора 6 устанавливается стрелка шкалы прибора на значение «10». Подключаются щупы прибора к выводам обмотки возбуждения. Переключатель 2 переводится в положение «измер.» и снимаются показания прибора. При необходимости уменьшается предел измерения с помощью переключателя диапазонов 3. Полученные результаты измерений сравниваются с требуемыми значениями сопротивлений.

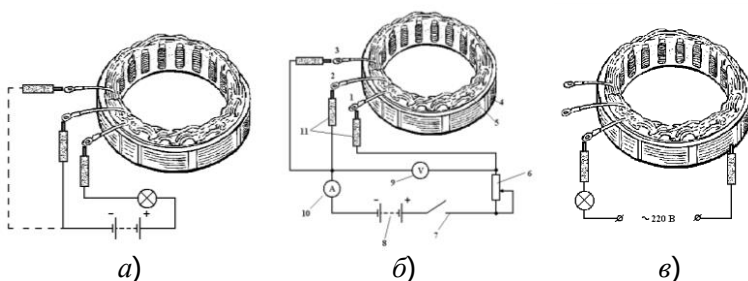
Проверка замыкания обмотки возбуждения с корпусом ротора.

Проверка проводится контрольной лампой под напряжением 220–500 В или с помощью мегаомметра. Один провод соединяют с любым контактным кольцом, а другой – с сердечником или валом ротора (рисунок 2.13, в). Если лампа будет гореть, а сопротивление будет меньше 2 МОм, то обмотка замкнута на корпус. Если невозможно изолировать обмотку от корпуса, то требуется ее замена.

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

Проверка обмотки статора на обрыв.

Проверка проводится поочередным подключением контрольной лампы или омметра к концам двух фаз в соответствии с рисунком 2.15, *а*. При обрыве в одной из катушек фазы лампа не светится, а омметр фиксирует бесконечно большое сопротивление. Неправильную обмотку следует заменить.



а – проверка сопротивления обмотки на обрыв; *б* – измерение сопротивления фаз обмотки статора; *в* – проверка на замыкание с корпусом

Рисунок 2.15 – Схема проверки обмотки статора

Проверка замыкания обмотки статора на сердечник.

Проверка производится контрольной лампой напряжением 220–500 В или с помощью мегаомметра (см. рисунок 2.15, *в*) путем подключения одного щупа к сердечнику, а другого – к любому выводу обмотки. Если лампа светится, а сопротивление будет меньше 2 МОм, то обмотка замкнута на корпус. Дефектные катушки обмотки следует заменить.

Проверка межвиткового замыкания в катушках обмотки статора.

Проверка производится измерением сопротивления фаз обмотки омметром, миллиомметром (см. рисунок 2.14) или по схеме (см. рисунок 2.15, *б*). Межвитковое замыкание в обмотке статора можно более достоверно определить при помощи дефектоскопа ПДО-1 (рисунок 2.16), основу которого составляют установленные в пластмассовом корпусе индукционный и приемно-сигнальный аппараты. На стальные сердечники 2 и 6 аппарата подключена неоновая лампа 1.

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

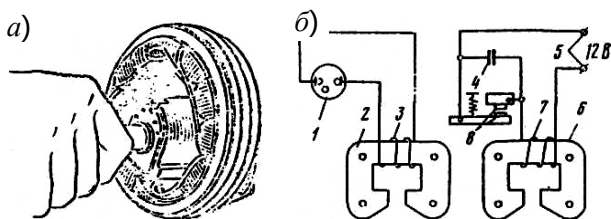


Рисунок 2.16 – Дефектоскоп ПДО-1

При проверке обмотки прибор устанавливают так, чтобы паз между зубцами сердечника статора располагался между воздушными зазорами сердечников 2 и 6 приемно-сигнального и индукционного аппаратов. Затем обмотку 7 индукционного аппарата подключают к источнику постоянного или переменного тока напряжением 12 В. Ток в цепи индукционного аппарата вызовет вибрацию контактов прерывателя, а следовательно, пульсацию магнитного потока в сердечнике 6 и сердечнике статора генератора. В результате пересечения силовыми линиями в катушке обмотки статора будет индуцироваться ЭДС. Если в катушке есть короткозамкнутые витки, то индуцированная ЭДС создает переменный ток, который вызовет свое переменное поле. Это магнитное поле, замыкаясь через сердечник 2 приемно-сигнального аппарата, индуцирует в обмотке 3 ЭДС, под действием которой произойдет свечение лампы 1. Если проверяемая катушка обмотки статора не имеет межвиткового замыкания, то в ней не будут создаваться ток и магнитное поле. Следовательно, в обмотке 3 приемно-сигнального аппарата не будут индуцироваться ЭДС и светиться неоновая лампа.

Проверка диодов на пробой и обрыв цепи.

Проверка производится контрольной лампой 6 в 1 Вт от аккумуляторной батареи 7 или генератора напряжением 12...24 В, а также при помощи омметра или прибора проверки полупроводниковых приборов. При исправном диоде лампа будет светиться только в случае подключения к батарее в соответствии с рисунком 2.17, а и не светиться в соответствии с рисунком 2.17, б. При обрыве в обоих случаях подключения лампа светиться не будет. Если лампа светится при любой схеме подключения, то диод имеет короткое замыка-

ние (пробит). Проверку исправности диодов выпрямительного блока генераторов Г250, Г271, Г272 и других производят по схеме в соответствии с рисунком 2.17, в. Для проверки диодов, соединенных с контактной пластиной 1 «-», подключают к ней провод от зажима «+» аккумуляторной батареи, а другим проводом, соединенным с зажимом «-» батареи, поочередно касаются зажимов 3 блока. При исправном состоянии диода 2 лампа будет светиться. Лампа не будет светиться, если в цепи диода есть обрыв. Затем подключается к контактной пластине «-» провод от зажима «-» аккумуляторной батареи, а другим проводом поочередно присоединяются к зажимам блока. При исправном состоянии диода лампа не светится. В случае пробоя диода лампа будет светиться. Также проверяют диоды, соединенные с контактной пластиной 5 «+».

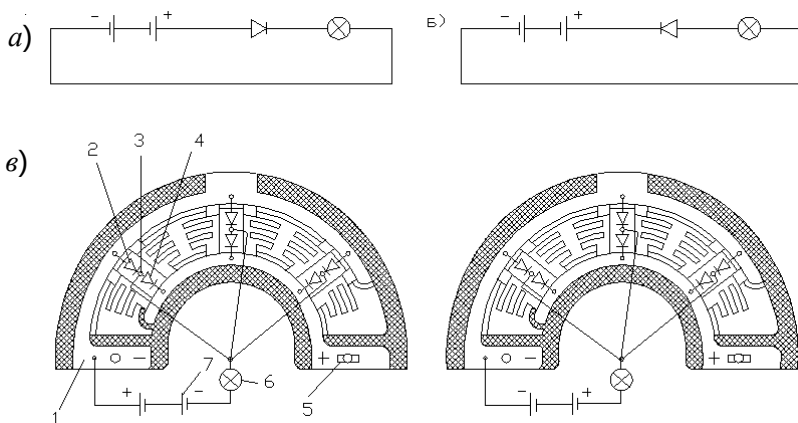


Рисунок 2.17 – Проверка диодов на пробой и обрыв цепи

В процессе эксплуатации при ТО-1 и ТО-2 проверяют и при необходимости регулируют натяжение приводного ремня генератора, а также крепление генератора и регулятора напряжения.

При ТО-2 очищают генератор от грязи, снимают щеткодержатель и проверяют состояние щеток, давление пружин и контактные кольца. Устраняют выявленные неисправности и продувают сжатым воздухом внутреннюю полость генератора.

При подготовке автомобиля к зимней эксплуатации при очередном ТО-2 дополнительно выполняют следующие работы. Снимают генератор и проверяют его техническое состояние. Проверяют со-

стояние крышек, а также затяжку шпилек или винтов их крепления; затяжку гайки крепления шкива; осевой люфт вала ротора; легкость вращения ротора; состояние изоляции зажимов «+» и Ш, чистоту контактных колец; степень износа щеток; нажатие пружины на щетки; легкость перемещения щеток в щеткодержателе. Поэлементное (полное) диагностирование генераторной установки может быть произведено только после ее разборки. Прежде всего необходимо снять с генераторной установки регулятор напряжения, который в большинстве случаев образует с щеткодержателем единый блок. У генератора 37.3701 для снятия регулятора напряжения следует отвернуть два винта, крепящие одновременно металлическую пластину – теплоотвод регулятора – и щеткодержатель к крышке генератора, а затем вынуть регулятор, оставив щеткодержатель на месте. Для этого между металлической пластиной регулятора и пластмассовым крепежным ушком щеткодержателя рекомендуется вставить отвертку.

У генератора компактной конструкции следует снять пластмассовый защитный кожух, закрепленный на задней крышке. Регулятор напряжения, выполненный в металлостеклянном корпусе, снимается вместе со щеткодержателем. Щетки вместе с контактными пластинами извлекаются из щеткодержателя вместе с регулятором. Дальнейшая разборка генератора производится снятием гаек со стяжных болтов или выворачиванием этих болтов, если они ввернуты прямо в крышку. После этого статор вместе с крышкой со стороны контактных колец легко отделяется от крышки со стороны привода и ротора. Проверяется состояние обмоток и узлов, устраняются выявленные неисправности и заменяются дефектные узлы и детали. Визуально изоляция провода не должна иметь подгорания и осыпания.

Перед сборкой продувают сжатым воздухом корпус, ротор и другие детали. При необходимости подшипники заполняют смазкой № 158 или ЦИАТИМ-201. При замене смазки снимают защитное кольцо, промывают подшипник, заполняют его смазкой на 70 % объема полости между шариками и устанавливают кольцо на место. В закрытые подшипники смазку не добавляют. После сборки проверяют работу генератора на стенде.

Загрязненные контактные кольца ротора протирают тряпкой, смоченной в бензине или растворителе. Изношенные кольца протачивают, а затем шлифуют наждачной бумагой зернистостью 100...140.

4. Составление отчета о выполняемой работе

При подготовке к работе необходимо изучить устройство генераторных установок, их выпрямителей, с которыми они работают; ознакомиться с устройством и работой контрольно-испытательного стенда модели 532-2М.

Работа по проверке исправности генератора и регулятора напряжения выполняется в следующей последовательности:

- подготавливается журнал наблюдений (таблица 2.2);
- определяется тип и технические характеристики проверяемых генераторных установок, данные заносятся в журнал испытаний;
- проверяется генератор переменного тока на начало отдачи и на номинальную мощность;
- выполняется проверка начальной частоты возбуждения генератора без нагрузки и под нагрузкой;
- проверяется регулятор напряжения.

На рабочем месте должны быть: контрольно-испытательный стенд модели 532-2М, набор инструмента (ключи гаечные 9×10, 10×12, отвертка и т.д.), инструкции по устройству и эксплуатации оборудования и приборов, учебные плакаты и таблицы с характеристиками генераторов и регуляторов напряжения.

Таблица 2.2 – Журнал испытаний генераторной установки

Генератор							Регулятор напряжения	Примечание
	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Начало отдачи, В	Номинальная мощность, В	Начальная частота возбуждения без нагрузки, мин ⁻¹	Начальная частота возбуждения под нагрузкой, мин ⁻¹	Напряжение, подерживаемое РН, В	

ТУ								
Испы- тания								

Контрольные вопросы

1. Назначение генератора.
2. Как устроен генератор переменного тока?
3. По каким конструктивным характеристикам различают генераторы?
4. Преимущества генераторов переменного тока по сравнению с генераторами постоянного тока.
5. Могут ли генераторы переменного тока отдавать энергию в сеть на частоте вращения холостого хода двигателя?
6. Принцип действия генератора.
7. Основные параметры генератора.
8. Основные характеристики генератора.
9. Как работает мостовая схема выпрямителя трехфазного генератора переменного тока?
10. От чего зависит напряжение, вырабатываемое генератором?
11. Какие факторы обуславливают выбор генератора для конкретного автомобиля?
12. Как работает генераторная установка?
13. Назначение регуляторов напряжения.
14. Как устроены регуляторы напряжения?
15. Какими параметрами характеризуется регулятор напряжения?
16. Какие основные неисправности могут быть у генераторной установки и причины их появления?
17. Как провести проверку технического состояния регулятора напряжения?
18. Как проводится техническое обслуживание генератора?

Лабораторная работа № 3

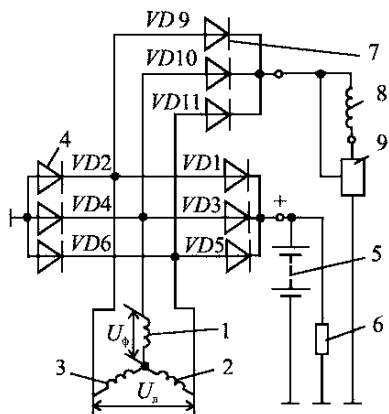
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: изучить методику диагностирования генераторных установок с помощью осциллографа, выявления неисправностей и причин их возникновения безразборным способом.

1. Общие сведения

1.1. Теоретические основы проведения диагностирования генераторных установок осциллографическим методом

Для диагностирования генераторных установок осциллографическим методом необходимо иметь четкое представление об образовании тока на выходе генераторной установки. Следует также знать особенности конструкций генераторной установки. Рассматривая принцип действия генераторной установки переменного тока, в предыдущей работе было установлено, что обмотка статора как отечественных, так и зарубежных генераторов – трехфазная. Она состоит из трех обмоток фаз, токи и напряжения в которых смещены на 120° . Фазы могут соединяться в «звезду» или «треугольник». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Стремление повысить мощность генератора привело к увеличению числа диодов выпрямителя до восьми и применению дополнительного плеча выпрямителя на диодах VD7, VD8 (на рисунке 3.1 показано пунктиром). Такая схема выпрямителя может иметь место только при соединении обмоток статора в «звезду», так как дополнительное плечо запитывается от «нулевой» точки «звезды».



U_ϕ , $U_\text{л}$ – соответственно фазное и линейное напряжения; 1, 2, 3 – обмотки трех фаз статора; 4 – диоды силового выпрямителя; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – нагрузка; 7 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 8 – обмотка возбуждения; 9 – регулятор напряжения

Рисунок 3.1 – Принципиальная схема генераторной установки

Фазные напряжения возникают между выводами обмоток фаз, а токи протекают в этих обмотках, линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем. Выводы трех фаз обмоток статора присоединяются к выводам трехфазного, двухполупериодного диодного полупроводникового выпрямителя. В этих проводах протекают линейные токи. При соединении в «треугольник» фазные токи в $\sqrt{3}$ раза меньше линейных, в то время как у «звезды» линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе, ток в обмотках фаз при соединении в «треугольник» значительно меньше, чем у «звезды». Поэтому в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в «треугольник», так как при меньших токах обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейное напряжение у «звезды» в $\sqrt{3}$ раз больше фазного, в то время как у «треугольника» они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора «треугольник» требует соответствующего увеличения числа витков фаз по сравнению со «звездой».

По графику фазных напряжений (рисунок 3.2) можно определить, какие диоды открыты, а какие закрыты в данный момент времени. Фазные напряжения изменяются по кривым, близким к синусоиде, в одни моменты времени они положительные, в другие – отрицательные. Если положительное направление напряжения в фазе принять по стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное – от нее, то, например, для момента времени t_1 , когда напряжение второй фазы отсутствует, первой – положительно, а третьей – отрицательно, направление напряжений фаз будет соответствовать стрелкам на рисунке 3.1. Ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении этих стрелок. При этом открыты диоды VD1, VD4. Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление тока – от вывода «+» генераторной установки к ее выводу «-», т.е. в нагрузке протекает однополярный (выпрямленный) ток.

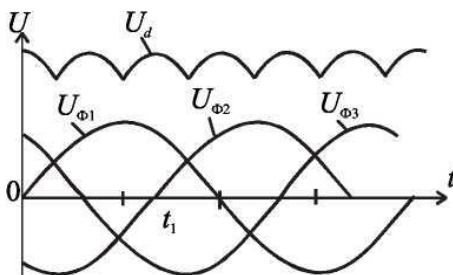


Рисунок 3.2 – График фазных напряжений

Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят 6 диодов, три из них – VD2, VD4, VD6 – общие с силовым выпрямителем. Ток в обмотке возбуждения значительно меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов VD9–VD11 применяют малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на ток не более 2 А.

Плечо выпрямителя, содержащее диоды VD7, VD8, вступает в работу только случае, если фазные напряжения генератора отличаются от синусоиды, что и имеет место в реальных генераторных установ-

ках. Напряжение любой формы можно представить в виде суммы синусоид, которые называются гармоническими составляющими: основной, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения, и высших, главным образом третьей, частота которой в три раза выше, чем первой. Реальная форма фазного напряжения в виде суммы двух гармоник, первой и третьей, представлена на рисунке 3.3.

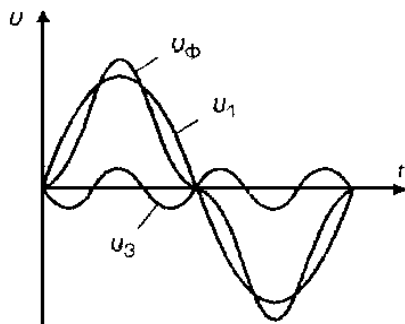


Рисунок 3.3 – Представление фазного напряжения $U_Ф$ в виде суммы синусоид первой U_1 и третьей U_3 гармоник

Третья гармоника в фазном напряжении присутствует, а в линейном – отсутствует. Это объясняется тем, что третьи гармоники всех фазных напряжений совпадают по фазе, т.е. одновременно достигают одинаковых значений и при этом взаимно уравниваются и взаимно уничтожают друг друга в линейном напряжении. Следовательно, мощность, развиваемая третьей гармоникой фазного напряжения, может быть использована потребителем. Чтобы потребители могли использовать эту мощность, добавлены диоды VD7 и VD8, подсоединенные к нулевой точке обмоток фаз, т.е. к точке, где сказывается действие фазного напряжения. Таким образом, диоды VD7, VD8 выпрямляют только напряжение третьей гармоники фазного напряжения. Применение этих диодов увеличивает номинальную мощность генератора.

Как видно на рисунке 3.2 выпрямленное напряжение носит пульсирующий характер. Применение дополнительного плеча на диодах VD7, VD8 усугубляет глубину пульсации. Однако наличие аккумуляторной батареи, которая является своеобразным фильтром, сгла-

живает напряжение в бортовой сети автомобиля. При этом ток в самой батарее пульсирует.

На выходе с генераторной установки уровень пульсаций должен быть минимальным. При появлении каких-либо неисправностей в генераторной установке или в цепях ее коммутации уровень помех значительно возрастает, а величина выходного напряжения и мощности уменьшается. В идеальном случае вид осциллограммы выходного напряжения генераторной установки выглядит в соответствии с рисунком 3.4. На осциллограмме в первую очередь определяется уровень напряжения U , кривизна линии, указывающая на стабильность работы генераторной установки в целом, а также уровень пульсаций ΔU , указывающий на характер возникающих помех.

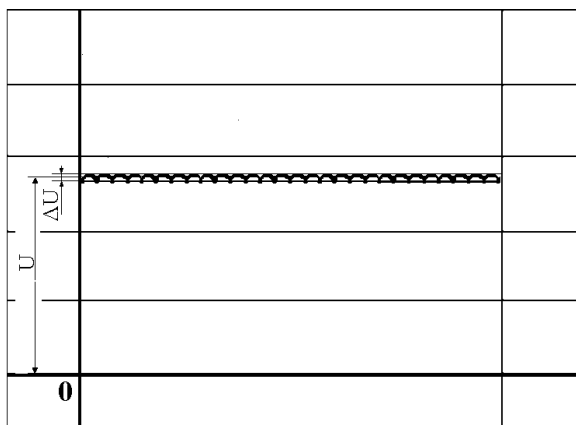
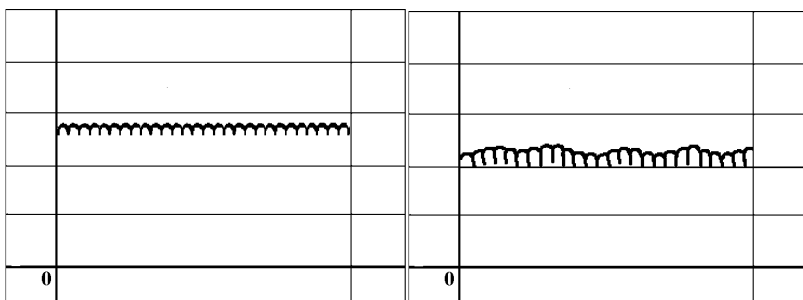


Рисунок 3.4 – Осциллограмма выходного напряжения исправной системы электроснабжения

В случае нарушения работоспособности в системе электроснабжения появляются изменения выходного напряжения, которые указывают на возникающие неисправности. Осциллограммы, представленные на рисунках 3.5–3.7, показывают наиболее часто встречающиеся неисправности.



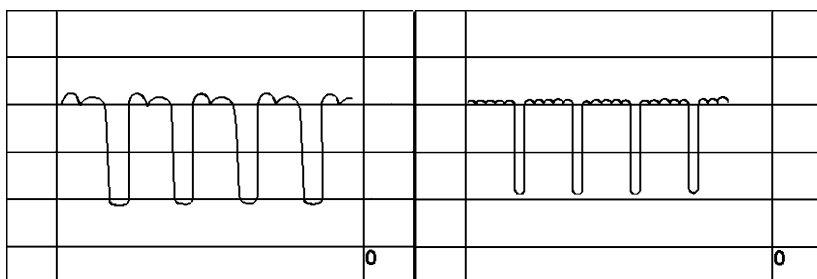
a)

б)

a – исправная генераторная установка при ухудшении работоспособности цепей коммутации или отключении аккумуляторной батареи;

б – неисправная генераторная установка (нарушение работы щеточного узла)

Рисунок 3.5 – Осциллограммы выходного напряжения

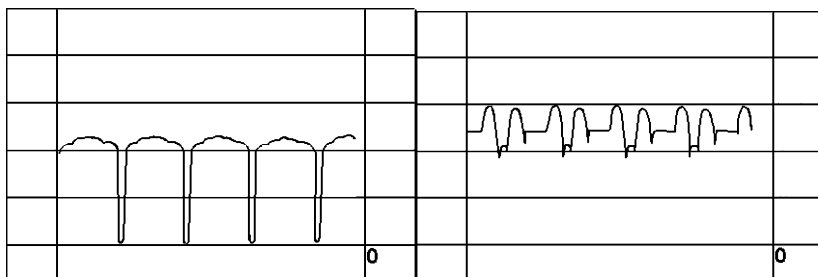


a)

б)

a – обрыв фазной обмотки; *б* – обрыв одного положительного диода в выпрямителе

Рисунок 3.6 – Осциллограмма выходного напряжения неисправной генераторной установки



a)

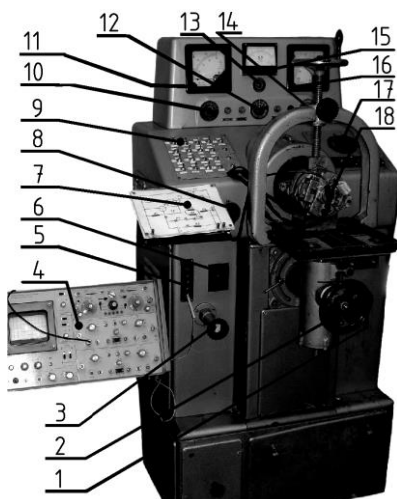
б)

a – замыкание одного положительного диода; *б* – обрыв двух положительных диодов

Рисунок 3.7 – Осциллограмма выходного напряжения генераторной установки с неисправным выпрямителем

1.2. Устройство и принцип действия стенда для проверки генераторной установки с использованием осциллографа

Внешний вид переоборудованного стенда 532М для поверки генераторных установок с возможностью имитации неисправностей и возможностью снятия осциллограмм представлен на рисунке 3.8. В состав переоборудованного стенда входит интегральный и электронный регулятор напряжения, электрическая принципиальная схема которого представлена на рисунке 3.9.



1 – рычаг переключения уровня напряжения; 2 – регулятор частоты вращения приводного вала; 3 – регулятор нагрузки; 4 – осциллограф; 5 – разъем панели стенда; 6 – выключатель питания стенда; 7 – регулятор напряжения; 8 – переключатель питания электродвигателя стенда; 9 – блок управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки; 10 – переключатель вольтметра; 11 – вольтметр; 12 – переключатель омметра-тахометра; 13 – регулятор установки «0»; 14 – переключатель амперметра; 15 – тахометр; 16 – амперметр; 17 – рычаг включения нагрузки; 18 – генераторная установка

Рисунок 3.8 – Стенд 532М, переоборудованный для имитации неисправностей с осциллографом

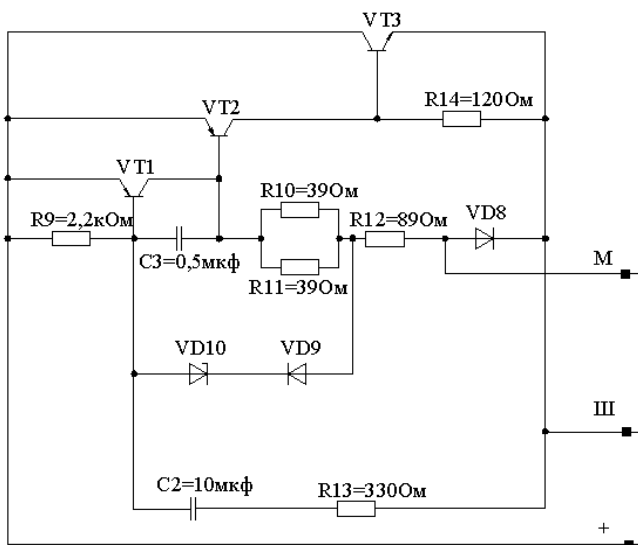


Рисунок 3.9 – Электрическая принципиальная схема электронного регулятора напряжения

Блок управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки представленный на рисунке 3.10, включает: выключатель D1, имитирующий обрыв положительного диода первой фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя; выключатель D2, имитирующий обрыв отрицательного диода первой фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя; выключатель D3, имитирующий обрыв положительного диода второй фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя; выключатель D4, имитирующий обрыв отрицательного диода второй фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя; выключатель D5, имитирующий обрыв положительного диода третьей фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя; выключатель D6, имитирующий обрыв отрицательного диода третьей фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя; выключатель A1, имитирующий межвитковое замыкание в обмотке первой фазы; выключатель A2, имитирующий обрыв в обмотке первой фазы; выключатель B1, имитирующий межвитковое замыкание в обмотке второй фазы; выключатель B2, имитирующий обрыв в обмотке второй фазы; выключатель C1, имитирующий межвитковое замыкание в обмотке третьей

фазы; выключатель С2, имитирующий обрыв в обмотке третьей фазы переключатель первого вывода обмотки возбуждения с интегрального регулирования на электронный 1; переключатель второго вывода обмотки возбуждения с интегрального регулирования на электронный 2; переключатель питания с интегрального регулятора на электронный 3; выключатель Е, имитирующий межвитковое замыкание в обмотке возбуждения; блокиратор регуляторов напряжения Е1.

Основными элементами осциллографа, представленного на рисунке 3.11, являются: экран осциллографа 1; регулятор корректировки нижнего луча 2; переключатель степени растяжки 3; переключатель установки развертки 4; регулятор корректировки верхнего луча 5; переключатель растяжки осциллограммы 6; переключатель длительности развертки регулятора уровня синхронизации канала А 7; переключатель уровня входного напряжения первого входа первого дифференциального усилителя 8; входной разъем синхронизации канала А 9; переключатель длительности развертки канала А 10; регулятор длительности развертки канала А 11; регулятор баланса луча по вертикали первого дифференциального усилителя 12; переключатель вида синхронизации канала А 13; переключатель вида развертки канала А 14; переключатель полярности синхронизации канала А 15; переключатель рода синхронизации канала А 16; регулятор задержки синхронизации 17; переключатель внешней синхронизации 18, разъемы выходных сигналов различных форм 19; переключатель полярности синхронизации канала В 20; переключатель рода синхронизации канала В 21; разъем подключения пробника переключатель вида синхронизации канала В 22; переключатель вида развертки канала В 23; переключатель длительности развертки канала В 24; регулятор длительности развертки канала В 25; входной разъем синхронизации канала В 26; регулятор уровня синхронизации канала В 27; регулятор корректировки луча по вертикали первого дифференциального усилителя 28; регулятор вертикального отклонения первого дифференциального усилителя 29; переключатель уровня входного напряжения второго входа первого дифференциального усилителя 30; регулятор калибровки вертикального отклонения первого дифференциального усилителя 31; разъем источника сигнала первого входа первого дифференциального усилителя 32; разъем заземления осциллографа 33; переключатель рода входного сигнала второго входа первого дифференциального усилителя 34; разъем источника сигнала второго входа первого диффе-

ренциального усилителя 35; регулятор вертикального отклонения второго дифференциального усилителя 36; переключатель уровня входного напряжения второго входа второго дифференциального усилителя 37; регулятор калибровки вертикального отклонения второго дифференциального усилителя 38; разъем подключения пробника второго дифференциального усилителя 39; переключатель рода входного сигнала второго входа второго дифференциального усилителя 40; разъем источника сигнала второго входа второго дифференциального усилителя 41; разъем заземления осциллографа 42; разъем подключения пробника первого дифференциального усилителя 43; регулятор корректировки луча по вертикали второго дифференциального усилителя 44; разъем заземления осциллографа 45; регулятор баланса луча по вертикали второго дифференциального усилителя 46; переключатель рода входного сигнала первого входа второго дифференциального усилителя 47; разъем источника сигнала первого входа второго дифференциального усилителя 48; переключатель уровня входного напряжения первого входа второго дифференциального усилителя 49; переключатель рода входного сигнала первого входа первого дифференциального усилителя 50; переключатель уровня выходного калибровочного сигнала 51; переключатель запуска развертки луча В 52; переключатель запуска развертки луча А 53; переключатель вида выходного калибровочного сигнала 54; регулятор нелинейности луча осциллографа 55; выходной разъем калибровочного сигнала осциллографа 56; регуляторы фокусировки лучей 57; регуляторы яркости лучей 58; выключатель питания осциллографа 59; выключатель и регулятор подсветки экрана 60.



Рисунок 3.10 – Блок управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки

Генератор установлен в зажимном устройстве стенда и подключен в соответствии с рисунком 3.8. Вал генератора соединяется с приводным валом стенда. Регулятор напряжения установлен на стенде на поворотной площадке с помощью винтовых зажимов. Интегральный регулятор напряжения установлен непосредственно на генераторе.

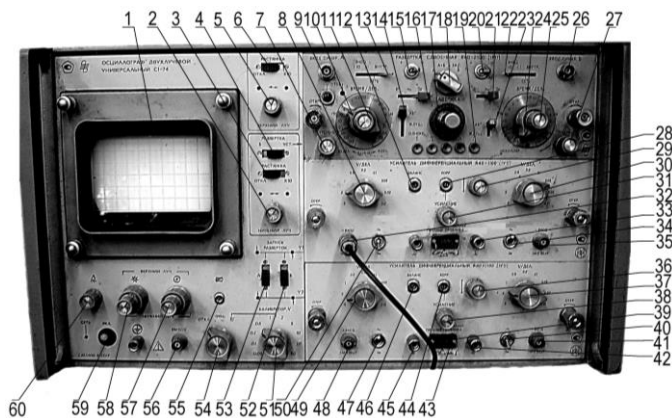


Рисунок 3.11 – Внешний вид осциллографа

2. Выполнение работы

2.1. Подготовка оборудования к выполнению работы

Подготовка переоборудованного стенда модели 532М к работе в соответствии с рисунком 3.8. Перед каждым включением стенда и после окончания проверки все рукоятки управления необходимо установить в исходное положение:

- выключатель питания стенда 6 в положение «Выкл.»;
- рычаг включения нагрузки 17 в положение «Б»;
- регулятор нагрузки 3 в крайнее левое положение;
- рычаг переключения уровня напряжения 11 в положение «0»;
- переключатель вольтметра 10 в положение «РН 20В»;
- переключатель омметра-тахометра 12 в положение «Изм. п»;
- переключатель питания электродвигателя стенда 8 в положение «0»;

- переключатель амперметра 14 в положение «50 Ген.»;
- регулятор частоты вращения приводного вала 2 повернуть против часовой стрелки до упора.

Стенд подключаем в сеть трехфазного переменного тока напряжением 380 В. Включение и выключение электродвигателя необходимо производить при минимальной частоте вращения привода генератора.

Подготовка блока управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки производится в следующей последовательности (см. рисунок 3.10):

- выключатели, имитирующие обрывы диодов фаз трехфазного двухполупериодного выпрямителя D1–D6, установить в положение «Вкл.»;

- выключатели, имитирующие межвитковое замыкание в обмотках фаз A1, B1, C1, – в положение «Вкл.»;

- выключатели, имитирующие обрыв в обмотках фаз A2, B2, C2, – в положение «Выкл.»;

- переключатель первого вывода обмотки возбуждения – с интегрального регулирования на электронный 1, переключатель второго вывода обмотки возбуждения – с интегрального регулирования на электронный 2, переключатель питания – с интегрального регулятора на электронный 3 в положение «Поз. 2»;

- выключатель, имитирующий межвитковое замыкание в обмотке возбуждения E, и блокиратор регуляторов напряжения E1 – в положение «Вкл.».

Подготовка осциллографа производится в следующем порядке (см. рисунок 3.11):

- переключатель растяжки осциллограммы 6 устанавливается в положение «Откл.»;

- переключатель вида синхронизации 13 – в положение «Внутр.»;

- переключатель полярности синхронизации 15 – в положение «–»;

- переключатель внешней синхронизации 18 – в положение «А»;

- переключатель длительности развертки 10 – в положение «5ms»;

- переключатель рода синхронизации 16 – в положение « $\square$ »;

- регулятор задержки синхронизации 17 – в положение «0.0»;

- переключатель установки развертки 4 – в положение «Уст.»;

- переключатель степени растяжки 3 – в положение «Откл.»;

- регулятор корректировки нижнего луча 2 – в крайнее левое положение;
- переключатель уровня входного напряжения первого входа первого дифференциального усилителя 8 – в положение «5V»;
- переключатель рода входного сигнала 50 устанавливается в положение « $\sim$ »;
- переключатель запуска развертки луча А 53 – в положение «Y1»;
- переключатель запуска развертки луча В 52 – в положение «Y1»;
- выключатель питания осциллографа 59 – в нижнее положение;
- переключатель калибровки выходного сигнала 54 устанавливается в положение «Откл.»;
- переключатель уровня выходного калибровочного сигнала 51 – в положение «5V»;
- провод заземления подключается к разъему заземления осциллографа 39;
- кабель со щупами подключается к разъему источника сигнала первого входа первого дифференциального усилителя 32;
- вилка питания осциллографа включается в розетку сети питания током с напряжением 220 В;
- выключатель питания осциллографа 59 устанавливается в положение «Вкл.»;
- осциллограф прогревается в течение 5 минут;
- устанавливаются необходимая яркость свечения и фокусировка луча с помощью регуляторов яркости 58 и фокусировки 57;
- устанавливается луч на нижнюю линию шкалы с помощью регулятора вертикального отклонения 29;
- калибруется осциллограф путем подключения красного щупа осциллографа к выходу калибровочного сигнала 56, при этом переключатель 54 устанавливается в положение « $\square$ », переключатель уровня выходного калибровочного сигнала 51 – в положение «5V», верхний уровень калибровочного сигнала подводится к положению второй линии шкалы экрана осциллографа 1 с помощью регулятора калибровки вертикального отклонения 31. Затем с помощью регулятора длительности развертки 11 и уровня синхронизации 7 устанавливается неподвижное изображение калибровочного сигнала;
- к разъему 2 панели 5 стенда подсоединяется синий щуп осциллографа, а к разъему 3 – красный.

2.2. Проверка исправного генератора переменного тока осциллографическим методом в режиме холостого хода

Проверка осуществляется следующим образом:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «I»;
 - включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
 - плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
 - выходное напряжение доводится до уровня 14 вольт по вольтметру 11 и осциллографу 4. При достижении требуемого значения фиксируется форма выходного сигнала на экране осциллографа исправного генератора;
 - выключается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.3. Имитация неисправностей генератора переменного тока в режиме холостого хода

Для этого:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «I»;
- включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
- плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
- выходное напряжение доводится до уровня 14 вольт по вольтметру 11 и осциллографу 4.

С помощью блока управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки создаются неисправности, а на экране осциллографа отображаются соответствующие им осциллограммы;

- имитируется обрыв положительного диода первой фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D1 в положение «Выкл.»;

- имитируется обрыв отрицательного диода первой фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D2 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв положительного диода второй фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D3 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв отрицательного диода второй фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D4 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв положительного диода третьей фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D5 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв отрицательного диода третьей фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D6 в положение «Выкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке первой фазы с помощью выключателя A1 в положение «Выкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке второй фазы с помощью выключателя B1 в положение «Выкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке третьей фазы с помощью выключателя C1 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв в обмотке первой фазы с помощью выключателя A2 в положение «Вкл.»;
 - имитируется обрыв в обмотке второй фазы с помощью выключателя B2 в положение «Вкл.»;
 - имитируется обрыв в обмотке третьей фазы с помощью выключателя C2 в положение «Вкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке возбуждения с помощью выключателя E в положение «Выкл.»;
 - выключается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.4. Проверка исправного генератора переменного тока осциллографическим методом под нагрузкой

Проверка осуществляется следующим образом:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «I»;

- рычаг включения нагрузки 17 переводится в положение «40А»;
 - включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
 - плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
 - выходное напряжение доводится до уровня 14 вольт по вольтметру 11 и осциллографу 4, а величина тока – до уровня половины номинального значения тока используемого генератора по амперметру 16 регулятором нагрузки 3 по часовой стрелке;
 - при достижении требуемых значений с экрана осциллографа снимается осциллограмма;
 - выключаются электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.5. Имитация неисправностей генератора переменного тока под нагрузкой

Для этого:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «1»;
- включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
- плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
- выходное напряжение доводится до уровня 14 вольт по вольтметру 11 и осциллографу 4, а величина тока – до уровня половины номинального значения тока используемого генератора по амперметру 16 регулятором нагрузки 3 по часовой стрелке;
- при достижении требуемых значений с помощью блока управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки создаются неисправности, а на экране осциллографа отображаются соответствующие им осциллограммы;
- имитируется обрыв положительного диода первой фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D1 в положение «Выкл.»;

- имитируется обрыв отрицательного диода первой фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D2 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв положительного диода второй фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D3 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв отрицательного диода второй фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D4 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв положительного диода третьей фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D5 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв отрицательного диода третьей фазы трехфазного двухполупериодного выпрямителя с помощью выключателя D6 в положение «Выкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке первой фазы с помощью выключателя A1 в положение «Выкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке второй фазы с помощью выключателя B1 в положение «Выкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке третьей фазы с помощью выключателя C1 в положение «Выкл.»;
 - имитируется обрыв в обмотке первой фазы с помощью выключателя A2 в положение «Вкл.»;
 - имитируется обрыв в обмотке второй фазы с помощью выключателя B2 в положение «Вкл.»;
 - имитируется обрыв в обмотке третьей фазы с помощью выключателя C2 в положение «Вкл.»;
 - имитируется межвитковое замыкание в обмотке возбуждения с помощью выключателя E в положение «Выкл.»;
 - выключаются электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0»;
 - рычаг включения нагрузки 17 переводится в положение «Б».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.6. Проверка исправной генераторной установки переменного тока с осциллографическим методом с интегральным регулятором напряжения в режиме холостого хода

Проверка выполняется следующим образом:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «I»;
 - блокиратор регуляторов напряжения Е1 с помощью блока управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки переводится в положение «Выкл.».
 - включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
 - плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
 - выходное напряжение генератора доводится до уровня регулирования по вольтметру 11 и осциллографу 4. При достижении требуемого значения фиксируется форма выходного сигнала на экране осциллографа исправного генератора;
 - выключается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.7. Проверка исправной генераторной установки переменного тока с осциллографическим методом с интегральным регулятором напряжения под нагрузкой

Проверка осуществляется следующим образом:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «I»;
- рычаг включения нагрузки 6 переводится в положение «40А»;
- включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
- плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
- выходное напряжение доводится до регулируемого значения по вольтметру 11 и осциллографу 4, а величина тока – до уровня половины номинального значения тока используемого генератора по амперметру 16 регулятором нагрузки 3 по часовой стрелке;

- при достижении требуемых значений с экрана осциллографа снимается осциллограмма.
 - выключаются электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0»;
 - рычаг включения нагрузки 17 переводится в положение «Б».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.8. Проверка исправной генераторной установки переменного тока с осциллографическим методом с электронным регулятором напряжения в режиме холостого хода

Для этого:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «1»;
 - переключатели первого вывода обмотки возбуждения переводятся в положение «Поз. 1» с интегрального регулятора на электронный 1, второго вывода обмотки возбуждения с интегрального регулятора на электронный 2 и питания с интегрального регулятора на электронный 3;
 - включается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «вправо»;
 - плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятор частоты вращения приводного вала 2 по часовой стрелке;
 - выходное напряжение генератора доводится до уровня регулирования по вольтметру 11 и осциллографу 4. При достижении требуемого значения фиксируется форма выходного сигнала на экране осциллографа;
 - красный щуп осциллографа последовательно присоединяется к контрольным точкам регулятора напряжения и снимаются соответствующие осциллограммы регулятора напряжения;
 - выключается электродвигатель стенда переключателем 8 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 6 в положение «0».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

2.9. Проверка исправной генераторной установки переменного тока с осциллографическим методом с электронным регулятором напряжения под нагрузкой

Для проверки:

- включается стенд выключателем питания 6 в положение «I»;
 - рычаг включения нагрузки переводится в положение «40А»;
 - блокиратор регуляторов напряжения Е1 с помощью блока управления имитацией неисправностей и переключением режимов работы генераторной установки переводится в положение «Выкл.»;
 - переключатели первого вывода обмотки возбуждения переводятся в положение «Поз. 1» с интегрального регулятора на электронный 1, второго вывода обмотки возбуждения с интегрального регулятора на электронный 2 и питания с интегрального регулятора на электронный 3;
 - включается электродвигатель стенда переключателем 10 в положение «вправо»;
 - плавно увеличивается частота вращения генератора путем поворота рукоятки регулятора частоты вращения приводного вала 11 по часовой стрелке;
 - выходное напряжение доводится до регулируемого значения по вольтметру 5 и осциллографу 3, а величина тока – до уровня половины номинального значения тока используемого генератора по амперметру 17 регулятором нагрузки 12 по часовой стрелке;
 - при достижении требуемых значений с экрана осциллографа снимается осциллограмма;
 - красный щуп осциллографа последовательно присоединяется к контрольным точкам регулятора напряжения и снимаются соответствующие осциллограммы регулятора напряжения;
 - выключаются электродвигатель стенда переключателем 10 в положение «0»;
 - выключается стенд выключателем питания 9 в положение «0».
- Полученные данные заносятся в отчет по лабораторной работе.

3. Составление отчета о выполняемой работе

При подготовке к работе необходимо изучить устройство переоборудованного стенда 532М для поверки генераторных установок с возможностями имитации неисправностей и снятия осциллограмм.

Работа по диагностированию генераторных установок осциллографическим методом выполняется в следующей последовательности:

- подготавливается отчет;
- определяются тип и технические характеристики проверяемой генераторной установки и заносятся в отчет;
- изучаются теоретические основы проведения диагностирования генераторных установок осциллографическим методом;
- изучается оборудование, применяемое при проведении диагностирования генераторных установок осциллографическим методом;
- записываются осциллограммы, полученные в процессе проведения диагностирования;
- анализируются полученные осциллограммы;
- записывается вывод о работе.

На рабочем месте должны быть оборудование, приборы и наглядно-учебные пособия: контрольно-испытательный стенд модели 532-2М, набор инструмента (ключи гаечные 9×10, 10×12, отвертка и т.д.), инструкции по устройству и эксплуатации оборудования и приборов, учебные плакаты и таблицы с характеристиками генераторов и регуляторов напряжения.

Контрольные вопросы

1. Назначение осциллографа.
2. Как работает мостовая схема выпрямителя трехфазного генератора переменного тока?
3. В чем заключается осциллографический метод проверки генераторных установок?
4. От чего зависит напряжение, вырабатываемое генератором?
5. Принцип работы регуляторов напряжения.
6. Какие основные неисправности могут быть у генераторной установки и причины их появления?
7. Как провести проверку технического состояния регулятора напряжения с помощью осциллографа?

Литература

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М.: Транспорт, 2000. – 320 с.
2. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов / Ю.П. Чижков, А.В. Акимов. – М.: За рулем, 2000.
3. Тимофеев, Ю.Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей / Ю.Л. Тимофеев, Г.Л. Тимофеев, Н.М. Ильин. – М.: Транспорт, 2000.
4. Пятков, К.Б. Электрооборудование ВАЗ 2103, 2106: устройство и ремонт / К.Б. Пятков. – М.: Третий Рим, 1998.
5. Литвиненко, В.В. Электрооборудование автомобилей УАЗ / В.В. Литвиненко. – М.: За рулем, 1998.
6. Теория, конструкция и расчет автотракторного электрооборудования / под ред. М.Н. Фесенко. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.
7. Ильин, Н.М. Электрооборудование автомобилей / Н.М. Ильин. – М.: Транспорт, 1984. – 256 с.
8. Синельников, А.К. Электроника на автомобиле / А.К. Синельников. – М.: Радиосвязь, 1985. – 141 с.
9. Тимофеев, Ю.П. Электрооборудование автомобиля. Неисправности и техническое обслуживание / Ю.П. Тимофеев, И.М. Ильин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 141 с.: ил.
10. Акимов, С.В. Автомобильные генераторные установки / С.В. Акимов, А.В. Акимов. – М.: Транспорт, 1995. – 118 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАРТЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ.	3
Лабораторная работа № 2 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.	35
Лабораторная работа № 3 ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.	74
Литература.	95

Учебное издание

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Лабораторный практикум для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» по направлениям
1-37 01 06-01 «Техническая эксплуатация автомобилей.

Автотранспорт общего и личного пользования», 1-37 01 06-02
«Техническая эксплуатация автомобилей. Военная автомобильная
техника», 1-37 01 07 «Автосервис», 1-08 01 01 «Профессиональное
обучение» по направлению 1-08 01 01-09 «Профессиональное обучение.
Автомобильный транспорт»

В 3 частях

Часть 1

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Составители:

ГУРСКИЙ Александр Станиславович
КАЗАЦКИЙ Александр Васильевич

Редактор Л.Н. Шалаева

Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 01.02.2010.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 5,64. Уч.-изд. л. 4,41. Тираж 100. Заказ 666.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.