



А.А. Волков

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Екатеринбург
2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

А.А. Волков

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания для выполнения лабораторных работ
для обучающихся всех форм обучения.

Направление «Технология транспортных процессов».

Дисциплины - «Электронные системы автомобилей»,

«Оптика и свет в автомобилях и технике»

Екатеринбург
2023

Печатаются по рекомендации методической комиссии **Инженерно-технического** института.

Протокол

Рецензент – канд. с.-х. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой сервиса и эксплуатации наземного транспорта Сопига В.А.

Редактор
Оператор компьютерной верстки

Подписано в печать		Поз.
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л.	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Лабораторная работа № 1
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, КОНСТРУКЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ,
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Цель работы: изучение принципа действия, конструкции, оценки технического состояния, приемов технического обслуживания автомобильных аккумуляторных батарей (АКБ).

Основные этапы работы:

1. Внеаудиторная подготовка с целью изучения химических процессов, принципа действия, конструкции и приемов технического обслуживания и контроля параметров аккумуляторных батарей (АКБ).
2. Изучение конструкции аккумуляторных батарей в лаборатории и оценка состояния элементов аккумулятора, представленных на демонстрационном стенде.
3. Обработка полученных в лаборатории данных и составление отчета.
4. Защита лабораторной работы.

Программа работы:

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
 - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники, дополнительный методический материал, приведенный в настоящем руководстве, изучить:
 - назначение аккумуляторных батарей;
 - химический состав электродов и электролита аккумуляторов;
 - конструкцию аккумуляторных батарей;
 - химические реакции, проходящие на положительном и отрицательном электродах аккумулятора;
 - процессы, происходящие в аккумуляторе на микроскопическом и макроскопическом уровнях при нарушении нормальной работы аккумуляторных батарей;
 - основные параметры свинцовых стартерных аккумуляторных батарей и методы их контроля;
 - способы заряда аккумуляторов;

– технологию хранения и ввода в эксплуатацию свинцовых аккумуляторных батарей.

1.2. В процессе подготовки к работе в лаборатории подготовить ответы на контрольные вопросы.

2. Работа в лаборатории.

2.1. Ознакомиться с расположением элементов АКБ на демонстрационном стенде.

2.2. Ознакомиться с внешним видом и конструкцией электродных пластин, предназначенных для установки в аккумулятор. Обратит внимание на цвет пластин.

2.3. Осмотреть конструкцию полублока положительных пластин АКБ, бывшей в эксплуатации.

2.4. По внешнему виду проанализировать состояние и конструкцию полублока отрицательных электродных пластин аккумуляторной батареи.

2.5. Ознакомиться с конструкцией сепараторов.

2.6. Ознакомиться с конструкцией корпуса АКБ, используя ее часть, представленную на демонстрационном стенде.

2.7. Проанализировать взаимное расположение и количество отрицательных и положительных электродных пластин, сепараторов в аккумуляторе.

2.8. Ознакомиться со способом соединения электродных пластин в одном блоке электродов АКБ.

2.9. Ознакомиться с конструкцией полюсных выводов аккумуляторной батареи.

2.10. Изучить химические процессы, происходящие при заряде и разряде АКБ, таблицы режимов заряда и плотности электролита аккумулятора.

2.11. Полученные в лаборатории сведения записать в тетрадь для последующего использования в отчете.

3. Обработать полученные в лаборатории сведения и составить отчет.

4. Защитить лабораторную работу.

Методические указания

К АКБ относят электрические элементы, способные накапливать и отдавать электрическую энергию во внешнюю электрическую цепь за счет электрохимических процессов, связанных с изменением химического состава активных масс электродов.

Химические основы работы аккумуляторов

При введении металлического электрода в электролит ионы последнего проникают к поверхностным атомам электрода. При этом положительные ионы электролита стремятся осесть на электрод. Такая способность электролита называется осмотическим давлением.

Отрицательные ионы электролита притягивают атомы металла и стремятся перевести их в электролит. Способность металлов растворяться в электролите под действием его отрицательных ионов называется электролитической упругостью растворения.

Если упругость больше осмотического давления, то ионы металла входят в электролит и заряжают его положительно (электрод в этом случае заряжен отрицательно). В результате между электродом и электролитом возникает разность потенциалов, значение которой ограничивается тем, что на ионы металлов, перешедшие в электролит, действуют силы электронов, оставшихся в металле. По мере перехода ионов металла в электролит эти силы возрастают и уравнивают избыточные силы упругости растворения. Если осмотическое давление больше сил упругости растворения, то положительные ионы оседают на электроде и заряжают его положительно. Между электродом и электролитом возникает определенная разность потенциалов обратной полярности. Очевидно, что если силы осмотического давления и упругости растворения равны, разность потенциалов между электродом и электролитом не образуется.

Возникающая разность потенциалов не может быть использована для получения электрического тока, т.к. если в электролит опустить электрод из того же металла, то разность потенциалов будет равна нулю.

Для получения тока в электролит необходимо поместить еще один электрод с другой электролитической упругостью растворения, т.е. из другого металла.

Система из электролита с двумя введенными в него электродами из металлов с различной электролитической упругостью растворения и представляет собой гальванический элемент – источник электродвижущей силы (ЭДС). Гальванические элементы работают за счет собственной химической энергии, поэтому химические источники характеризуются не мощностью, а емкостью:

$$Q = I_p \cdot t_p,$$

где Q – емкость гальванического элемента, А, I_p – разрядный ток, А, t_p – продолжительность разряда, час.

В реальных аккумуляторах в качестве электродов применяют пластины специальной конструкции, в большинстве случаев решетчатого ти-

па. Основание электродов изготавливают из сплава свинца и сурьмы (для механической прочности). Ячейки заполняют пастой из порошкообразных окислов свинца на слабом растворе серной кислоты. Для положительных пластин используют свинцовый сурик, а для отрицательных пластин используют свинцовый глет Pb_3O_4 . После просушки паста приобретает пористость, чем достигается большая емкость аккумуляторов. Высушенные пластины подвергаются формовке (длительному заряду) в специальном электролите. В результате сурик превращается в двуокись свинца PbO_2 , а свинцовый глет в чистый свинец. Это соответствует заряженному аккумулятору.

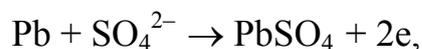
После формовки пластины или разряжают или оставляют заряженными. В любом случае их тщательно высушивают, а затем собирают в блоки.

Химические процессы в свинцово-кислотных аккумуляторах

В качестве электролита в свинцово-кислотных аккумуляторах используется серная кислота, которая в воде ассоциирует и диссоциирует, т.е. $H_2SO_4 \leftrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

У заряженного аккумулятора положительная пластина представляет собой двуокись свинца PbO_2 , а отрицательная пластина – губчатый свинец Pb .

При разряде у отрицательной пластины проходит электрохимическая реакция вида:



а у положительной пластины

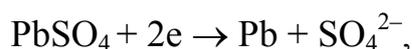


Суммарная реакция при разряде аккумулятора имеет вид:



При разряде активные массы пластин переходят в серноокислый свинец. Плотность электролита падает до $1,15-1,17 \text{ г/см}^3$. Аккумуляторы не разряжают до полного перехода активной массы в серноокислый свинец, т.к. серноокислый свинец обладает большим сопротивлением, препятствующим осуществлению обратного процесса.

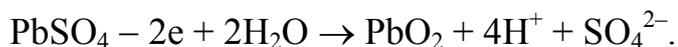
При заряде аккумулятора у отрицательной пластины проходит химическая реакция



в результате которой серноокислый 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 пла-

стине, соединяется с двумя ионами водорода, образует молекулу серной кислоты H_2SO_4 .

Химическая реакция у положительной пластины выглядит следующим образом:



В реакции участвует ион свинца Pb^{2+} и два иона кислорода 2O^{2-} из диссоциированной молекулы воды. Свинец окисляется.

Кислородный остаток и ионы водорода образуют две молекулы серной кислоты

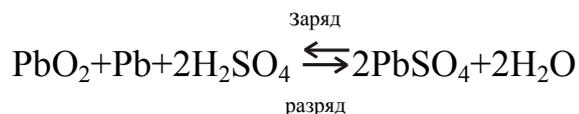


Суммарная реакция при заряде аккумулятора:



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

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



Саморазряд аккумуляторов

Бесполезная потеря какой-то части запасенной при заряде энергии или саморазряд аккумуляторов – явление неизбежное. Саморазряд происходит и в режиме разряда и в режиме покоя. Величину саморазряда определяют химическая система и конструкция АКБ. Важна температура, количество и свойство попавших в аккумулятор примесей. Трудно устранить такие причины разряда как существование разности потенциалов в самих пластинах (между активной массой пластин и металлом их основы). Действует и кислород воздуха на отрицательные пластины. Причинами саморазряда могут быть неравномерная плотность электролита, плохая изоляция пластин, загрязнение электролита, активной массы и дистиллированной воды вредными примесями. Саморазряд традиционной АКБ по ГОСТ 959-91Р при бездействии в течение 14 суток при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$ не должен превышать 0,5% в сутки (7%), а после бездействия в течение 28 суток – 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.

Устройство автомобильных аккумуляторов и батарей

Аккумуляторные батареи в автомобиле обеспечивают электропитание потребителей при недостаточной мощности, вырабатываемой генератором (например, при неработающем двигателе, при пуске двигателя, при малых оборотах двигателя).

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.

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют свинцово-кислотные аккумуляторные батареи.

АКБ по конструктивным признакам в соответствии с ГОСТ 959-91Е на три группы: 1) традиционные; 2) малообслуживаемые; 3) необслуживаемые.

Традиционные батареи собираются в корпусах с отдельными крышками и в корпусах с общей крышкой.

Традиционные батареи с отдельными крышками собираются в одном эбонитовом или пластмассовом сосуде – моноблоке, разделенном перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов (в просторечии – банок) в батарее. В каждой ячейке помещен электродный блок, состоящий из чередующихся положительных и отрицательных электродов, разделенных сепараторами. Сепараторы служат для предотвращения замыкания электродов, но при этом за счет своей пористости способны пропускать через себя электролит. Электроды устанавливаются на опорные призм, что предотвращает замыкание разноименных электродов через шлам, накапливающийся в процессе эксплуатации на дне моноблока.

Сверху электродного блока устанавливается перфорированный предохранительный щиток, защищающий верхние кромки сепараторов от механических повреждений при замерах температуры, уровня и плотности электролита.

Каждый аккумулятор батареи закрывается отдельной крышкой из эбонита или пластмассы. В крышке имеется два отверстия для вывода

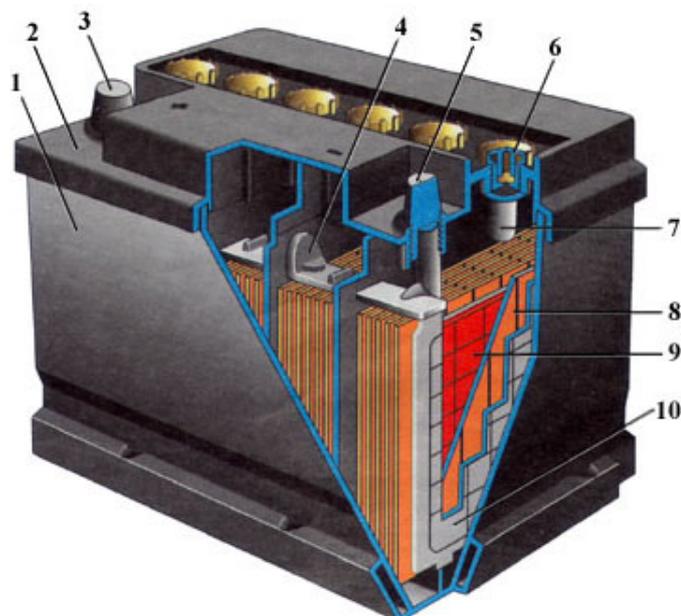
борнов электродного блока и одно резьбовое – для заливки электролита. Резьбовое отверстие закрывается резьбовой пробкой из полиэтилена, имеющей небольшое вентиляционное отверстие, предназначенное для выхода газов во время эксплуатации. В новых сухозаряженных батареях вентиляционное отверстие закрыто приливом. После заливки электролита этот прилив следует срезать.

Соединение аккумуляторов в батарею осуществляется с помощью перемычек. К выводным бортам крайних аккумуляторов приваривают плюсовые выводы для соединения батареи с внешней электрической цепью. Диаметр положительного вывода больше, чем отрицательного. Это исключает неправильное подключение батареи. В некоторых случаях плюсовые выводы имеют отверстия под болт.

Герметизация батареи в местах сопряжения крышек со стенками и перегородками моноблока обеспечивается битумной заливочной мастикой.

Традиционные батареи с общей крышкой изготавливают в пластмассовых моноблоках. Эластичность пластмассы позволяет соединять аккумуляторы в батарею сквозь отверстия в перегородках моноблока. Это делает возможным 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°C.

На рисунке 1.1 приведена в разрезе конструкция аккумуляторной батареи типа 6СТ-55П, широко применяемая на автомобилях ВАЗ.



1 – корпус, 2 – крышка, 3 – положительный вывод, 4 – межэлементное соединение (баретка), 5 – отрицательный вывод, 6 – пробка заливной горловины, 7 – заливная горловина, 8 – сепаратор, 9 – положительная пластина, 10 – отрицательная пластина.

Рисунок 1.1 - Конструкция аккумуляторной батареи типа 6СТ-55П

Аккумуляторная батарея состоит из шести последовательно соединенных аккумуляторов напряжением по 2В, размещенных в общем корпусе (моноблоке). Корпус 1 изготовлен из полипропилена и разделен непроницаемыми перегородками на шесть отсеков. Крышка 2, общая для всего корпуса, также изготовлена из полипропилена и приварена к корпусу ультразвуковой сваркой.

В каждом аккумуляторе находится набор положительных 9 и отрицательных 10 пластин. Пластины выполнены в виде решетки, отлитой из сплава свинца и сурьмы и заполненной пористой активной массой из свинца и свинцовых окислов. Пластины опираются на ребра (призмы) корпуса, и поэтому между дном и нижними кромками пластин имеется свободное пространство. Осыпавшаяся с пластин активная масса (шлам) заполняет это пространство, не достигая нижних кромок пластин, что предохраняет их от короткого замыкания.

Пластины одинаковой полярности собираются в полублок и привариваются к бареткам 4, которые служат для крепления пластин и вывода тока. Из полублоков положительных и отрицательных пластин собирается блок с чередованием разноименных пластин. Для изоляции разноименных пластин друг от друга между ними установлены сепараторы 8 из микропористого поливинилхлорида.

Электролитом в аккумуляторе служит раствор серной кислоты в дистиллированной воде. При заряде батареи серная кислота электролита взаи-

модействует с активной массой пластин и превращает ее в сульфат свинца (белого цвета); при этом количество кислоты в электролите уменьшается, а его плотность снижается. При заряде батареи под действием проходящего через батарею зарядного тока происходит обратный процесс. Сульфат свинца в активной массе положительных пластин превращается в перекись свинца (коричневого цвета); при этом в электролит выделяется серная кислота, и его плотность увеличивается. Доливку дистиллированной воды производят по необходимости 1–2 раза в месяц.

В малообслуживаемых батареях содержание сурьмы в сплаве токоотводов снижено в 2-3 раза по сравнению с традиционными батареями. Ряд производителей к малосурьмянистому свинцу добавляет различные легирующие вещества, в частности, серебро и селен. Это обеспечивает подзаряд 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. Этого электролит, который в традиционных батареях был под электродами, в необслуживаемых батареях находится над электродами. Поэтому доливка воды в такую батарею необходима не чаще, 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 аккумулятора, 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 будет в этом случае уменьшаться. Для своевременного предотвращения перезаряда в автомобиле необходимо устанавливать сигнализатор аварийного напряжения. Аккумуляторы, изготавливаемые по данной

технологии, получили название «спиральные элементы» (Spiral Cell). Преимуществами этих аккумуляторов являются: 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 АКБ имеют обозначение VRLA.

Основные параметры аккумуляторных батарей

Электродвижущей силой аккумулятора E называют разность его электродных потенциалов при разомкнутой внешней цепи: $E = \varphi^- - \varphi^+$, где φ^+ и φ^- – потенциалы положительного и отрицательного электродов соответственно.

ЭДС батареи, состоящей из n последовательно соединенных аккумуляторов равна сумме ЭДС элементов: $E_0 = \sum_{i=1}^n E_i \approx nE_i$.

Для практических целей ЭДС может быть определена по эмпирической формуле:

$$E = 0,84 + \gamma_{25},$$

где γ_{25} – плотность электролита при температуре $+25^\circ\text{C}$ (г/см^3).

Если измерения проводились при температуре, отличной от $+25^\circ\text{C}$, то необходимо привести плотность γ_t к температуре $+25^\circ\text{C}$:

$$\gamma_{25} = \gamma_t + 0,00075(T - 25).$$

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_0 , а также электродной поляризацией.

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

цесса 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_0 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 помосных выводов):

$$R_0 = R_{\text{э}} + R_{\text{с}} + R_{\text{м}} + R_{\text{р}} + R_{\text{сэ}}.$$

Под сопротивлением электролита понимается сопротивление той его части, которая находится между электродами. Оно составляет примерно половину внутреннего сопротивления аккумулятора.

Внутреннее сопротивление аккумулятора зависит от степени его разряженности, температуры и значения тока. Внутреннее сопротивление в заряженном состоянии составляет несколько мили Ом. 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.

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

Тогда разрядная емкость определяется выражением:

$$C_{\text{р}} = I_{\text{р}} \cdot t_{\text{кон}},$$

где $t_{\text{кон}}$ – время разряда аккумуляторной батареи от напряжения $U_{\text{нач}}$ до напряжения $U_{\text{кон}}$.

Разрядная емкость зависит от количества заложенных в АКБ активных веществ и степени их использования.

Номинальная разрядная емкость аккумуляторной батареи C_{20} определяется при 20-часовом режиме разряда током $I=0,05C_{20}$ при температуре плюс 25°C. Разряд должен прекращаться после достижения конечного напряжения 5,25 В у батареи на 6 В и 10,5 В у батареи на 12 В.

На практике при определении разрядной емкости используют внесистемную единицу измерения ампер-час (1 А·ч=3600 Кл).

На батареях, сделанных в США и некоторых азиатских странах, вместо номинальной емкости указывается *резервная емкость*. 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 неработающем генераторе.

Для оценки стартерных свойств батарей используется параметр, называемый *током холодной прокрутки* или *током стартерного разряда*.

Параметры режима разряда аккумуляторной батареи при определении тока стартерного разряда приведены в таблице 1.

По отечественному стандарту ток стартерного разряда определяется в режиме трехминутного разряда при температуре минус 18°C 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 секунднй 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.

Таблица 1.1

Параметры режима разряда аккумуляторной батареи	Стандарты		
	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

Для электропотребителей автомобиля, как нагрузки, важным показателем является *энергoзапас* аккумуляторной батареи W_p , под которым понимается максимальное количество энергии, выделяемое во внешней цепи за время $t_{кон}$. При постоянном разрядном токе:

$$W_p = \bar{U}_p I_p t_{кон} = \bar{U}_p C_p,$$

где \bar{U}_p – среднее значение напряжения U_p за время $t_{кон}$.

Факторы, влияющие на емкость аккумуляторной батареи

Емкость АКБ зависит от множества конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Однако, из принципа работы свинцово-кислотного аккумулятора следует, что в основном его емкость определяется объемом активной массы и электролита. Емкость аккумуляторной батареи существенно снижается с увеличением силы тока, что связано с резким уменьшением концентрации электролита в порах пластин, изоли-

руемых сульфатом свинца. Зависимость емкости от разрядного тока описывается уравнением Пейкертта:

$$I_p^n t_{\text{кон}} = k,$$

где n, k – постоянные для данного типа батареи ($n = 1,2...1,7$), t_p – время разряда.

На рисунке 1.2 дана примерная зависимость емкости аккумуляторной батареи от разрядного тока при различной температуре.

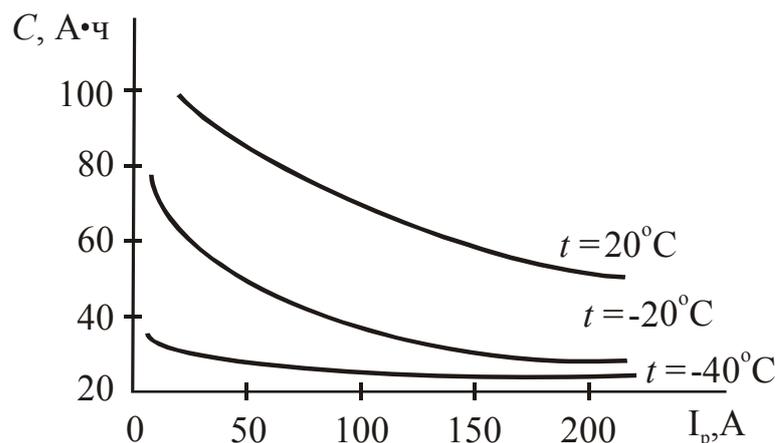


Рисунок 1.2 -Зависимость емкости батареи от разрядного тока

Емкость аккумуляторной батареи уменьшается с понижением температуры из-за увеличения вязкости электролита и замедления поступления серной кислоты в поры активной массы. Зависимости изменения емкости аккумуляторной батареи от температуры электролита в режиме разряда (для двух значений токов) приведены на рисунке 3.

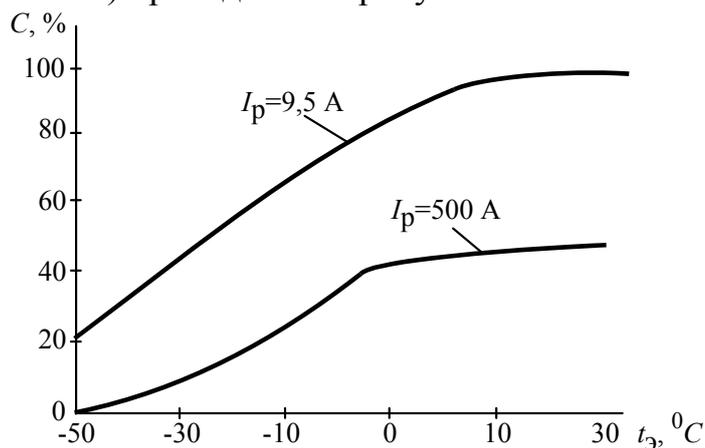


Рисунок 1.3 - Зависимость емкости АКБ от температуры электролита при различных токах разряда

Так как емкость аккумуляторной батареи зависит от температуры, то

значение емкости, полученное при температуре t , приводят к температуре 25°C:

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + 0,01(t_{cp} - 25)},$$

где C_{25} – емкость, приведенная к температуре 25°C, C_t – емкость, полученная при средней температуре t_{cp} , 0,01 – температурный коэффициент изменения емкости при температуре 18...27 °С.

При известной начальной плотности электролита γ , степень разряженности определяется по формуле:

$$\Delta C_p = \frac{\gamma_{\text{э}} - \gamma_{25}}{0,16} 100 \%,$$

где γ_{25} – плотность электролита при температуре плюс 25°C (плотности γ , и γ_{25} измерены в г/см³).

Подготовка аккумуляторной батареи к эксплуатации

Существует два способа приготовления электролита. 1 способ: концентрированная серная кислота плотностью 1,83 г/см³ добавляется в дистиллированную воду (но не наоборот). 2 способ: электролит плотностью 1,40 г/см³ добавляется в дистиллированную воду или в электролит с плотностью ниже необходимой. Следует учитывать, что плотность электролита для различных времен года и климатических условий должна быть различной. Например, в районах с умеренным климатом (со средней месячной температурой в январе минус 15...минус 8 °С) плотность электролита должна быть равна $1,26 \pm 0,01$ г/см³, в районах с холодным климатом (со средней месячной температурой в январе минус 30...минус 15 °С) плотность электролита должна быть равна $1,28 \pm 0,01$ г/см³.

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 г/см³ 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 г/см³ 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 150 % своей емкости.

Различают два основных способа заряда: при постоянном токе и при постоянном напряжении. Продолжительность заряда при использовании обоих методов одинакова.

Заряд при постоянном токе. Оптимальная сила тока заряда равна: $I_3 = 0,1 \cdot C_{20}$. При повышении температуры электролита до 45°C необходимо снизить зарядный ток в два раза или прервать заряд для охлаждения электролита до $30...35^\circ\text{C}$. Методом заряда при постоянном токе можно заряжать n последовательно включенных аккумуляторов при напряжении на выходе зарядного устройства $U_3 > 2,7n$.

Достоинствами данного метода являются: 1) простота зарядных устройств; 2) простота расчета количества электричества, сообщаемого батарее, как произведение тока и времени заряда.

Недостатком метода при малом токе заряда является большая длительность заряда, а при большом – плохая заряжаемость к концу заряда и повышенная температура электролита.

Заряд при постоянном напряжении. Метод имеет два недостатка, проявляющихся в начале заряда полностью разряженных батарей: 1) зарядный ток достигает $1...1,5C_{20}$; 2) из-за большого зарядного тока перегревается аккумулятор. Поэтому для предохранения генератора от перегрузки на автомобиле устанавливаются ограничители тока.

Недостатки, присущие этим методам, частично уменьшаются комбинированными способами заряда:

- ступенчато – изменяющимся током;
- смешанным способом, при котором сначала заряжают АКБ постоянным током, а затем постоянным напряжением.

К основным причинам плохой заряжаемости аккумуляторной батареи относятся: 1) высыпание активной массы из решеток вследствие коррозия последних при заряде большими токами, замерзании электролита и т.п.; 2) наличие в аккумуляторном электролите примесей веществ, которые, осажаясь на электродах, экранируют часть их рабочей поверхности, препятствуя протеканию на ней основной токообразующей реакции, и способствуют усиленному разложению воды и газовыделению; 3) сульфатация электродов (из-за хранения батареи в теплом помещении при высокой плотности электролита).

Хранение аккумуляторных батарей

Новые, не залитые электролитом батареи, хранятся при температуре не ниже минус 50°C. Максимальный срок хранения сухих батарей – три года. Заряженные батареи с электролитом хранятся по возможности при температуре не выше 0°C. Минимальная температура их хранения: минус 30 °С. При чрезмерно низких температурах электролит может замерзнуть. При плотности электролита $\gamma_{25}=1,31$ г/см³ электролит замерзает при температуре ниже минус 40°C, при $\gamma_{25}=1,27$ г/см³ электролит замерзает при температуре до минус 30°C. Срок хранения батарей с электролитом при отрицательной температуре – до 1,5 лет, при положительной температуре – до 9 месяцев. 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.

Техническое обслуживание АКБ в процессе эксплуатации

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

При визуальном осмотре необходимо убедиться в чистоте поверхности АКБ. Если поверхность покрыта электропроводным слоем, смоченной электролитом, то поверхность АКБ протирают чистой ветошью, смоченной в растворе нашатырного спирта или 10% растворе кальцированной соды.

Необходимо особенно 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 и измерение уровня электролита и его плотности целесообразно проводить при каждом техническом осмотре.

Условное обозначение аккумуляторных батарей

Обозначение аккумулятора емкостью свыше 30 А·ч состоит из букв и цифр, расположенных в следующем порядке:

- цифра, указывающая число последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (цифра 3 – в 6-вольтовой батарее, цифра 6 – в 12-вольтовой батарее);
- буквы, обозначающие назначение по функциональному признаку (СТ – стартерная);

- число, указывающее номинальную емкость батареи в ампер-часах при 20-часовом режиме разряда;

- буквы или цифры, которые содержат дополнительные сведения об использовании батареи (Н-несухозаряженная, З – залитая электролитом и заряженная; Л- необслуживаемая) и применяемых для ее изготовления материалах (А – пластмассовый моноблок с общей крышкой; Э – моноблок из эбонита, Т – моноблок из термопласта, П – моноблок из полиэтилена, М – сепаратор из поливинилхлорида типа “мипласт”, Р – сепаратор из мипора, Ф – хладостойкая мастика).

Например, условное обозначение батареи “6СТ-55ЭМ” указывает, что батарея состоит из 6 последовательно соединенных аккумуляторов (следовательно, ее напряжение – 12 вольт) свинцовой электрохимической системы, предназначена для стартерного пуска двигателя, номинальная емкость батареи равна 55 ампер-часам при 20-часовом режиме разряда, корпус батареи сделан из эбонита, сепаратор – из мипласта.

Кроме условного обозначения по ГОСТ 18620 – 86Е 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.

Контрольные вопросы:

1. 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 аккумулятора?
5. Из какого материала изготавливаются несущие части пластин аккумуляторов?
6. Каково назначение сепараторов в аккумуляторной батарее? Почему размеры сепараторов превышают размеры электродов?

7. С какой целью в сплав для решеток электродов свинцового аккумулятора добавляется сурьма?
8. Какие основные недостатки имеют аккумуляторные батареи, решетки электродов которых изготавливаются из сплава свинца с содержанием более 4,5 % сурьмы?
9. Какие существуют способы соединения аккумуляторов в батарее? Укажите их преимущества и недостатки.
10. Какие параметры аккумулятора считаются основными?
11. При каких условиях определяется номинальная емкость аккумуляторной батареи?
12. Что такое номинальные напряжение, ток, емкость автомобильных аккумуляторов?
13. От чего зависит ЭДС аккумуляторной батареи? Чем отличается напряжение батареи от ЭДС?
14. Как изменяется емкость аккумуляторной батареи с ростом разрядного тока и понижением температуры электролита? Почему?
15. Что представляет собой вольтамперная характеристика аккумуляторной батареи? Каким образом по ней можно определить внутреннее сопротивление?
16. Что такое резервная емкость малообслуживаемых и необслуживаемых батарей? Что характеризует этот показатель?
17. Что представляет собой электролит аккумулятора и какова его плотность?
18. Как готовится электролит для свинцовой аккумуляторной батареи?
19. Указать причины саморазряда аккумуляторной батареи.
20. Какие существуют способы заряда аккумуляторных батарей? Указать их преимущества и недостатки.
21. Указать признаки окончания заряда автомобильной аккумуляторной батареи.
22. Чем опасен перезаряд аккумулятора?
23. Какие штатные средства контроля заряда аккумуляторной батареи применяются на автомобилях?
24. Какие причины могут вызвать выплескивание электролита из вентиляционных отверстий во время заряда аккумуляторной батареи?
25. Указать условия хранения аккумуляторов.
26. Какие причины могут вызвать быстрое понижение уровня

электролита в аккумуляторной батарее?

27. Какие особенности имеют малообслуживаемые и необслуживаемые аккумуляторные батареи? Укажите их преимущества.

28. Какими способами можно определить полярность выводных клемм аккумуляторной батареи?

29. Как обозначаются автомобильные аккумуляторы?

Литература:

1. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. -М.: Транспорт, 2000.
2. Чижков Ю.П., Акимов А.В. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. - М.: Изд-во За рулем, 2000.
3. Пятков К.Б. Электрооборудование ВАЗ 2103, 2106: устройство и ремонт. - М.: Третий Рим, 1998.
4. Боровских Ю.И., Старостин А.К., Чиксов Ю.П. Стартерные аккумуляторные батареи. – М.: Фонд: За экономическую грамотность, 1997.

Лабораторная работа № 2

КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАРТЕРА

Цель работы: изучение принципа действия автомобильного стартера, конструкции и назначение его основных узлов, технологии разборки и сборки стартера СТ221, оценка его технического состояния.

Основные этапы работы:

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
2. Работа в лаборатории, связанная с разборкой стартера СТ221, оценкой технического состояния его узлов и элементов, и сборкой стартера.
3. Обработка и анализ полученной в лаборатории информации, оформление отчета по проделанной работе.
4. Защита лабораторной работы.

Программа работы:

- 1 Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории
 - 1.1 Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, настоящие методические указания, а также доступный справочный материал:
 - ознакомиться с назначением стартеров и принципом их действия;
 - изучить устройство автомобильных стартеров и назначение их узлов и элементов;
 - ознакомиться с основными техническими характеристиками стартеров;
 - изучить технологию разборки и сборки стартера.
 - 1.2 В процессе предварительной подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний
 - 1.3 Подготовить таблицу оценки технического состояния элементов и узлов стартера по образцу, приведенному в руководстве выполнения лабораторной работы
- 2 Работа в лаборатории
 - 2.1 Для более детального изучения конструкции стартера и его узлов

ознакомиться с демонстрационным стендом и плакатами

2.2 Получить набор инструментов, необходимых для разборки и сборки стартера типа СТ221

2.3 Разобрать стартер СТ221 в следующем порядке:

2.3.1. Накидным ключом №13 отвернуть гайку на нижнем контактом болте тягового реле и отсоединить от него гибкий провод обмотки стартера.

2.3.2. Ключом №8 отвернуть три гайки крепления тягового реле и снять его.

2.3.3. Отверткой ослабить винт крепления стяжной защитной ленты, которая находится на крышке со стороны коллектора, и снять ее вместе с прокладкой.

2.3.4. С помощью отвертки вывернуть четыре винта крепления клемм щеток и вынуть щетки крючком из щеткодержателей после освобождения их от нажатия щеточных пружин.

2.3.5. Ключом №10 отвернуть две гайки стяжных шпилек и отсоединить корпус с крышкой со стороны привода от крышки со стороны коллектора с якорем.

2.3.6. Плоскогубцами вывернуть из крышки стяжные шпильки.

2.3.7. Отсоединить крышку со стороны коллектора от корпуса.

2.3.8. Вынуть резиновую заглушку рычага из крышки со стороны привода.

2.3.9. Расшплинтовать и с помощью выколотки вынуть из крышки ось рычага привода стартера.

2.3.10. Вынуть рычаг и якорь с приводом из крышки, а затем отсоединить рычаг от привода.

2.3.11. Снять с вала якоря регулировочную и упорную шайбы.

2.3.12. Используя трубкообразную выколотку сбить ограничительное кольцо хода шестерни.

2.3.13. Снять стопорное и ограничительное кольца.

2.3.14. Снять с вала якоря обгонную муфту.

2.3.15. Для разборки тягового реле ключом №8 отвернуть три гайки стяжных болтов и отпаять выводы обмоток от штекера "50" и от наконечника, закрепленного на нижнем контактом болту тягового реле.

Основные детали разобранного стартера показаны на рисунке 2.1

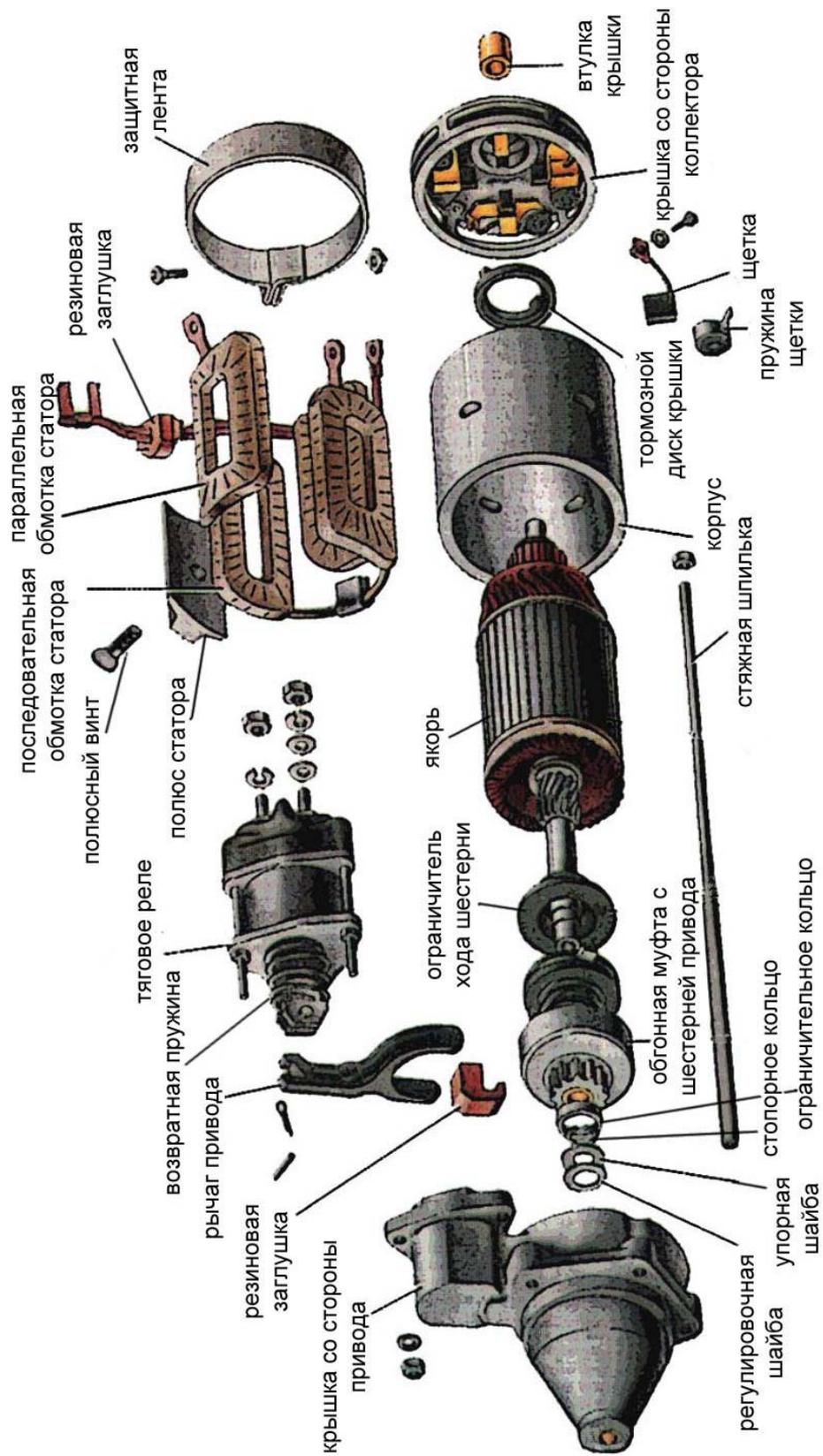


Рисунок 2.1 Основные сборочные детали стартера СТ221

2.4.1 Оценить техническое состояние якоря

- Проверить обмотку якоря на замыкание с корпусом ("массой"). Для этого измерить омметром сопротивление между коллекторной пластиной и сердечником якоря. Оно должно быть не менее 10 кОм. *При наличии замыкания с корпусом якорь выбраковывается и заменяется новым.* **Примечание:** действия, выделенные курсивом, выполняются только при проведении технического обслуживания стартера.

- Проверить состояние коллектора. Рабочая поверхность коллектора должна быть гладкой (без следов износа) и не должна иметь следов подгорания (почернения), вызываемых искрением и механическим износом щеток. *Загрязненную, окисленную или подгоревшую поверхность коллектора протирают чистой ветошью, смоченной бензином или зачищают мелкозернистой шлифовальной шкуркой. Сильно подгоревший и изношенный коллектор протачивается на токарном станке (минимально допустимый диаметр для СТ221 – 36 мм).*

- Проверить качество пайки выводов секций обмотки якоря в гребешки коллектора. Пайка не должна иметь пустоты и окисленные поверхности. *При необходимости соединения пропаивают припоем с канифолью паяльником мощностью не менее 100 Вт при предварительно прогретом якоре. После пайки коллектор нужно прочистить, продуть, а места пайки покрыть лаком.*

- Проверить состояние шлицов и цапф вала якоря. На поверхности шлицов и цапф вала не должно быть задиров, забоин и износа, так как они могут стать причиной заедания шестерни на валу. *Если на поверхности вала появились следы желтого цвета от втулки шестерни, они удаляются мелкозернистой шлифовальной шкуркой.*

- Проверить состояние бандажа якоря. Он не должен иметь механических повреждений.

2.4.2. Оценить техническое состояние статора с обмотками.

- Проверить обмотку статора на обрыв, для чего измерить омметром сопротивление катушек.

- Проверить обмотку статора на замыкание с корпусом, для чего измерить омметром сопротивление между выводом обмотки и корпусом статора. Прибор должен показывать сопротивление не менее 10 кОм.

- Осмотреть обмотку статора на наличие перегрева. На поверхности изолятора катушек статора не должно быть следов почернения.

При наличии обрыва, замыкания на корпус или перегрева корпус с обмотками выбраковывается и заменяется новым.

2.4.3. Оценить техническое состояние крышек стартера.

- Проверить механизм привода на легкость перемещения по направлению к подшипнику крышки со стороны привода и возврат в исходное положение силой пружины. *Если перемещение привода затруднено, вал очищают от грязи и покрывают пластичной смазкой типа ЦИАТИМ. В случае заедания муфты привода после смазывания или ее пробуксовывания муфту следует заменить.*

- Проверить, свободно ли проворачивается шестерня привода относительно вала якоря в направлении вращения якоря, при этом в обратном направлении шестерня вращаться не должна.

- Проверить степень износа шестерни привода. На ее зубьях не должно быть сколов и выкрашиваний. *Если на заходной части зубьев шестерни имеются забоины, то их нужно подшлифовать мелкозернистым наждачным кругом малого диаметра. Если детали привода повреждены или значительно изношены, привод заменяется новым.*

- С помощью измерительного щупа, имеющего нормированную толщину, проверить осевой люфт якоря. Он не должен быть более 0,7 мм. *Изменение величины свободного хода достигается подбором количества или толщины регулировочных шайб, устанавливаемых между крышкой со стороны привода и упорным кольцом на валу якоря.*

2.4.4. Оценить техническое состояние привода.

- Проверить каково состояние крышек и их втулок. *Если на крышке имеются трещины или втулки изношены, то данные детали заменяются новыми.*

- Проверить, нет ли у щеткодержателей положительных щеток замыкания на корпус, для чего измерить омметром сопротивление между соответствующей щеткой и крышкой стартера.

- Проверить легкость перемещения щеток в щеткодержателях и усилие пружин. Перемещение должно быть свободным, без заеданий. Усилие пружин на щетках можно определить динамометром. Для этого под щетку нужно положить полоску бумаги, и динамометром оттягивать щеточную пружину, одновременно стараясь вытянуть бумагу из-под щетки. Давление пружины на щетку определяется в момент освобождения бумаги щеткой, оно должно составлять порядка $9,8 \pm 0,98$ Н ($1 \pm 0,1$ кгс). *В случае уменьшения усилия щеточных пружин более чем на 25% номинального значения необходимо заменить пружину.*

- Проверить состояние щеток, обратив внимание на степень их износа и качество поверхности. Длина щетки должна быть не менее 12 мм. Степень прилегания щетки к коллектору можно оценить визуально, при-

ложив ее рабочей поверхностью к коллектору. Если щетки изношены, то они заменяются новыми, предварительно притертыми к коллектору.

2.4.5. Оценить техническое состояние тягового реле.

- Проверить легкость перемещения якоря тягового реле. При его затрудненном ходе реле следует разобрать и смазать скользящие части.

- С помощью омметра проверить, замыкаются ли контактные болты реле контактной пластиной, и нет ли обрыва в обмотке реле. Если контактные болты не замыкаются, то нужно разобрать реле и зачистить контактные болты и пластину мелкозернистой шкуркой или плоским бархатным напильником. Реле с поврежденной обмоткой заменяется новым.

- Для разобранного реле проверить, нет ли следов перегрева обмотки (почернения), а также надежность соединения выводов обмотки реле со штекером "50" и "массой".

2.5. Результаты оценки технического состояния узлов и элементов стартера занести в таблицу Э1 (согласно приведенному образцу), и сделать заключение.

Таблица Э2.1

№	Наименование	Описание технического состояния узла или элемента стартера	Заключение
1.	Щетки	Рабочая поверхность ровная, края рабочей поверхности частично подвержены эл. коррозии. Гибкие выводы не имеют оборванных проводов. Наконечники подвержены загрязнению и коррозии. Длина щеток в допустимых пределах. ...и т.д.	Пригодны к дальнейшей эксплуатации после проведения технического обслуживания.
2.			

2.6. Собрать стартер в порядке, обратном разборке, обратив внимание на приведенные ниже рекомендации.

- При установке щеток необходимо предварительно отвести концы щеточных пружин в стороны, концы пружин должны нажимать на середину щетки.

- Предварительно собрав вместе крышки, корпус и якорь и затянув гайки стяжных шпилек, нужно проверить осевой свободный ход вала якоря. При этом якорь может быть без привода, а крышка со стороны привода

без рычага.

- После сборки необходимо проверить, что якорь свободно вращается (тугое вращение якоря может быть вызвано перекосом при сборке стартера, его загрязнении, отсутствием смазочного материала или ослабленным креплением полюсов и задеванием за них якоря).

3. Оформить отчет, проведя анализ технического состояния стартера. Сформулировать заключение о пригодности стартера к эксплуатации.

Методический материал к лабораторной работе

Система электростартерного пуска

Стартер предназначен для дистанционного пуска двигателя автомобиля. Он представляет собой электродвигатель постоянного тока с электромагнитным тяговым реле и механизмом привода.

При включении замка зажигания срабатывает тяговое реле (рисунок 2.2 и 2.3), в результате чего шестерня привода входит в зацепление с венцом маховика двигателя, и замыкаются силовые контакты в цепи питания электродвигателя. Якорь стартера через механизм привода приводит во вращение коленчатый вал и сообщает ему обороты, необходимые для начала самостоятельной работы двигателя. Минимальное пусковое число оборотов, при котором двигатель может начать работу, для карбюраторных систем составляет 70...90 об/мин, а для дизельных двигателей и систем с впрыском бензина – 100...200 об/мин.

При пуске стартера ток разряда АКБ составляет 100...1500 А, поэтому время работы стартера ограничено. По существующим нормативам продолжительность попытки пуска бензинового двигателя составляет 10 с, дизеля – 15 с, интервал между попытками – 60 с, а после 3 попыток – 3 мин.

После запуска двигателя автомобиля отпускается ключ зажигания, размыкаются силовые контакты, тяговое реле и электродвигатель отключаются от аккумуляторной батареи и привод стартера выводится из зацепления с венцом маховика.

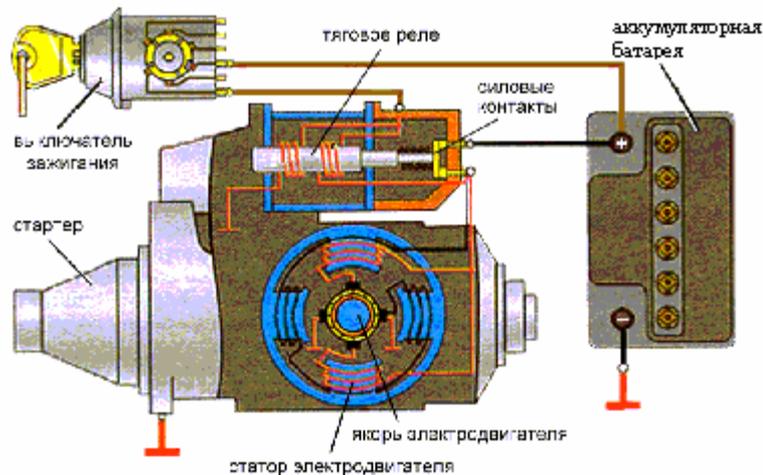


Рисунок 2.2 - Электрическая схема включения стартера

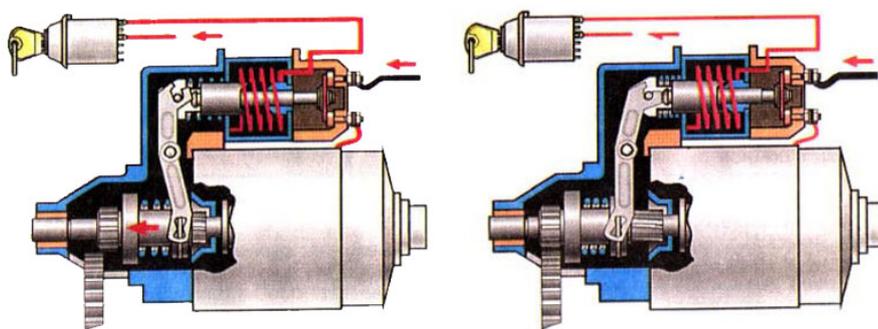


Рисунок 2.3 - Зацепление шестерни привода с венцом маховика двигателя

Обозначение стартера

Ранее стартер обозначался буквами «СТ», номером модели и ее модификацией. Например, СТ221. В настоящее время используется цифровое обозначение вида ХХХХ.3708, где первые две цифры соответствуют номеру модели, третья цифра – модификации, а четвертая – исполнению (в некоторых случаях третья и четвертая цифры могут отсутствовать). Так 5702.3708 – это стартер 57 модели, общеклиматического исполнения.

Устройство стартеров

Стартер состоит из *корпуса*, в котором смонтированы *катушки возбуждения* с полюсами; *якоря* с обмоткой и коллектором; *крышек* (со стороны коллектора и со стороны привода); *привода*, состоящего из рычага приводной шестерни и муфты свободного хода; и *тягового реле*, состоящего из катушки, ярма, якоря, штока с контактной пластиной, крышки с контактными болтами.

Корпус электростартера изготавливают из трубы или стальной полосы (сталь Ст10 или Ст2) с последующей сваркой стыка. В корпусе предусмотрено отверстие для выводного болта обмотки возбуждения, но не имеется окон для доступа к щеткам (с целью улучшения герметизации).

К корпусу винтами крепят полюсы с *катушками обмотки возбуждения* (рисунок 2.4). Все автомобильные стартеры выполняют четырехполюсными. Катушки последовательных (серийных) и параллельных (шунтовых) обмоток возбуждения устанавливают на отдельных полюсах, поэтому число катушек равно числу полюсов. Катушки последовательной обмотки имеют небольшое число витков неизолированного медного провода прямоугольного сечения марки ПММ. Между витками катушки прокладывают электроизоляционный картон толщиной 0,2...0,4 мм. Катушки параллельной обмотки возбуждения наматывают изолированным круглым проводом марок ПЭВ-2 или ПЭТВ. Снаружи катушки изолируют лентой из изоляционного материала (хлопчатобумажная тафтяная лента, батистовая лента Б-13). Внешняя изоляция после пропитывания лаком и просушивания имеет толщину 1...1,5 мм. Перспективно применение полимерных материалов при изолировании катушек, с помощью которых можно получить покрытия, равномерные по толщине, стойкие к воздействию агрессивной среды и повышенной температуры.

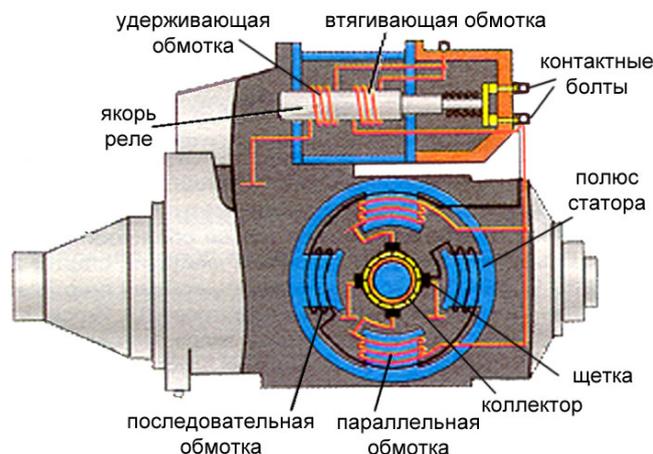


Рисунок 2.4 - Устройство стартера

Якорь стартера представляет собой шихтованный сердечник, в пазы которого укладываются секции обмотки. В шихтованном сердечнике меньше потери на вихревые токи. Пакет якоря напрессован на вал, вращающийся в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками, подшипниками из другого порошкового материала, либо с подшипниками качения. Пакет якоря набирают из стальных пластин (СТ 0,8 КП или СТ 10) толщиной 1...1,2 мм. Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона ЭВ толщиной 2,5 мм предохраняют от повреждения изоляци-

онный материал лобовых частей обмотки якоря.

В стартерных электродвигателях применяют простые волновые обмотки с одно- и двухвитковыми секциями. Одновитковые секции выполняют из неизолированного прямоугольного провода марки ПММ. В этом случае проводники в пазы укладывают в два слоя и изолируют друг от друга и пакета якоря гильзами S-образной формы из электрокартона толщины 0,2...0,4 мм или полимерной пленки. Обмотки с двухвитковыми секциями наматывают круглыми изолированными проводами ПЭВ-2 и ПЭТВ.

Концы секций обмотки якоря укладывают в прорези «петушков» коллектных пластин. Конец одной секции и начало следующей по ходу обмотки присоединяют к одной коллекторной пластине. На лобовые части обмотки якоря накладывают бандажи, состоящие из нескольких витков проволоки, хлопчатобумажного шнура или стекловолоконного материала, намотанных на прокладку из электроизоляционного картона. Бандаж из стекловолокна менее дорогостоящий, для него можно не применять крепежные скобы. Бандаж может быть изготовлен в виде алюминиевого кольца с изоляционной кольцевой прокладкой из гетинакса или текстолита. Лобовые части секций изолируют друг от друга электроизоляционным картоном.

В электростартерах применяют сборные цилиндрические *коллекторы* на металлической втулке, а также цилиндрические и торцовые коллекторы с пластмассовым корпусом.

Сборные цилиндрические коллекторы, применяемые на стартерах большой мощности, составляют из медных пластин и изолирующих прокладок из миканита, слюдинита или слюдопласта. Пластины в коллекторе закрепляются с помощью металлических нажимных колец и изоляционных корпусов по боковым опорным поверхностям. От металлической втулки, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют цилиндрической втулкой из миканита. Рабочая поверхность коллектора должна иметь строго цилиндрическую форму.

В цилиндрических коллекторах с пластмассовым корпусом пластмасса является формирующим элементом коллектора. Она плотно охватывает сопрягаемые поверхности независимо от конфигурации и точности изготовления коллекторных пластин, изолирует коллекторные пластины от вала и воспринимает нагрузки. В качестве пресс-материала чаще всего используется пластмасса АГ-4С. Для повышения прочности коллектора применяют армировочные кольца из металла и пресс-материала. При небольших размерах коллектор может быть изготовлен из цельной цилиндрической заготовки, разрезаемой после опрессовки пластмассой на отдельные

ламели.

Торцевой коллектор выполнен в виде пластмассового диска с залитыми в нем медными пластинами. Рабочая поверхность торцевого коллектора находится в плоскости, перпендикулярной к оси вращения якоря. Такой коллектор способствует более стабильной и длительной работе щеточного контакта.

В стартерах с цилиндрическими коллекторами *щет*ки устанавливают в четырех коробчатых щеткодержателях радиального типа, закрепленных на крышке со стороны коллектора. Необходимое давление (30...120 кПа) на щетки обеспечивают спиральные пружины. Щеткодержатели изолированы от крышки прокладками из текстолита или другого изоляционного материала. В стартерах большой мощности в каждом из радиальных щеткодержателей устанавливают по две щетки.

В электростартерах с торцевыми коллекторами щетки размещают в пластмассовой или металлической траверсе и прижимают к рабочей поверхности коллектора витыми цилиндрическими пружинами.

Щетки имеют канатики и присоединяются к щеткодержателям с помощью винтов. Обычно щетки устанавливают на геометрической нейтрали, но на некоторых стартерах для улучшения коммутации щетки смещают с геометрической нейтрали на небольшой угол против направления вращения. Щетки в щеткодержателях должны перемещаться свободно, но без сильного бокового люфта.

В электростартерах применяют меднографитные щетки с добавками свинца и олова. Графита больше в щетках для мощных стартеров и стартеров для тяжелых условий эксплуатации. Размеры щеток и падение напряжения под ними зависят от допустимой плотности тока. Обычно плотность тока в щетках электростартеров находится в пределах 40...100 А/см².

Тяговое реле обеспечивает ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключает стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее (см. рисунок 2.4 и 2.5). На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки со стороны привода. С фланцем прилива крышки реле соединяют непосредственно или через дополнительные крепежные элементы.

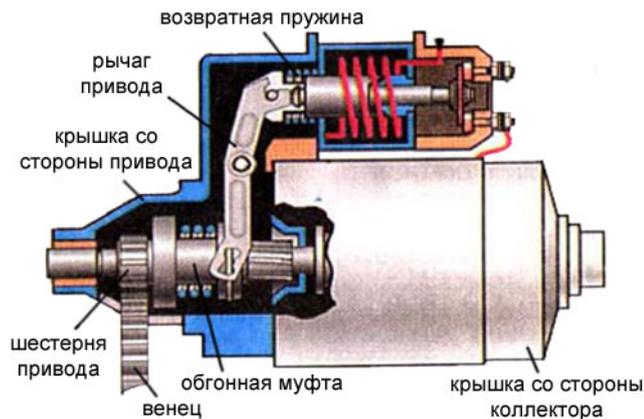


Рис. 2.5 - Устройство тягового реле стартера

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь, воздействующий на шток с подвижным контактным диском. Два неподвижных контакта в виде контактных болтов закрепляют в пластмассовой крышке.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка, рассчитанная только на удержание якоря реле в притянутом к сердечнику состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на «массу». Втягивающая обмотка подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем и сердечником максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы. При неразделенной контактной системе подвижный контакт снабжен пружиной. Перемещение подвижного контактного диска в исходное нерабочее положение обеспечивает возвратная пружина. В разделенной контактной системе подвижный контактный диск не связан жестко с якорем реле.

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через поводковую муфту. Его отливают из полимерного материала или выполняют составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют заклепками или сваркой.

Для передачи вращающего момента от вала якоря коленчатому валу используется специальный *механизм привода*. По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры с электромеханическим перемещением шестерни привода, с инерционным или комбинированным приводом. Для предотвращения разноса якоря после пуска двигателя в автомобильные электростартеры устанавливают роликовые, храповые или фрикционно-храповые муфты свободного хода. Наибольшее распростра-

нение в электростартерах получили электромеханический привод шестерни и роликовые муфты свободного хода.

Роликовые муфты свободного хода технологичны в изготовлении, бесшумны в работе и способны при небольших размерах передавать большие крутящие моменты. Они малочувствительны к загрязнению, не требуют ухода и регулирования в эксплуатации. Работает такая муфта следующим образом (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 Схема работы роликовой муфты свободного хода при пуске (а) и после пуска (б) двигателя автомобиля

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы. Ролики под действием прижимных пружин и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается (рисунок 2.6,а). Вращение от вала якоря ведущей обойме муфты передается шлицевой втулкой. После пуска двигателя частота вращения ведомой обоймы с шестерней превышает частоту вращения ведущей обоймы, ролики переходят в широкую часть клиновидного пространства между обоймами, поэтому вращение от венца маховика к якорю стартера не передается – муфта проскальзывает (рисунок 2.6,б).

Крышки со стороны коллектора изготавливают методом литья из чугуна, стали, алюминиевого или цинкового сплава, а также штампуют из стали. Крышки могут иметь дисковую или колоколообразную форму.

Крышки со стороны привода изготавливают методом литья из алюминиевого сплава или чугуна. Конструкция крышки зависит от материала, из которого она изготовлена, типа механизма привода, способа крепления стартера на двигателе и тягового реле на стартере. Установочные фланцы крышки имеют два или большее число отверстий под болты крепления стартера. Фланцевое крепление стартера к картеру сцепления дает возможность сохранить постоянство межосевого расстояния в зубчатом зацеплении при снятии и повторной установке стартера. В крышке предусмотрено отверстие, которое позволяет шестерне привода входить в зацепления

с венцом маховика.

В крышках и промежуточной опоре устанавливают *подшипники скольжения*. Промежуточную опору предусматривают в стартерах с диаметром корпуса 115 мм и более. Подшипники смазывают в процессе производства и при необходимости во время технического обслуживания в процессе эксплуатации. В стартерах большой мощности бобышки подшипников имеют масленки с резервуарами для смазочного материала и смазочными фильцами.

На автомобилях ВАЗ моделей 2108 и 2109 установлен стартер 29.3708, имеющий только одну опору в крышке со стороны коллектора. Вторая опора со стороны привода предусмотрена в картере сцепления.

В эксплуатации стартеры подвержены воздействию влаги, масла, грязи, поэтому конструкция стартера предусматривает защиту от них. Лучше защищены стартеры грузовых автомобилей. Герметизация обеспечивается установкой в места разъема резиновых колец и шайб, применением втулок и уплотнительных прокладок, а также мягких пластических материалов.

Устройство стартера СТ221.

На рисунке 2.7 показана в разрезе конструкция стартера СТ221.

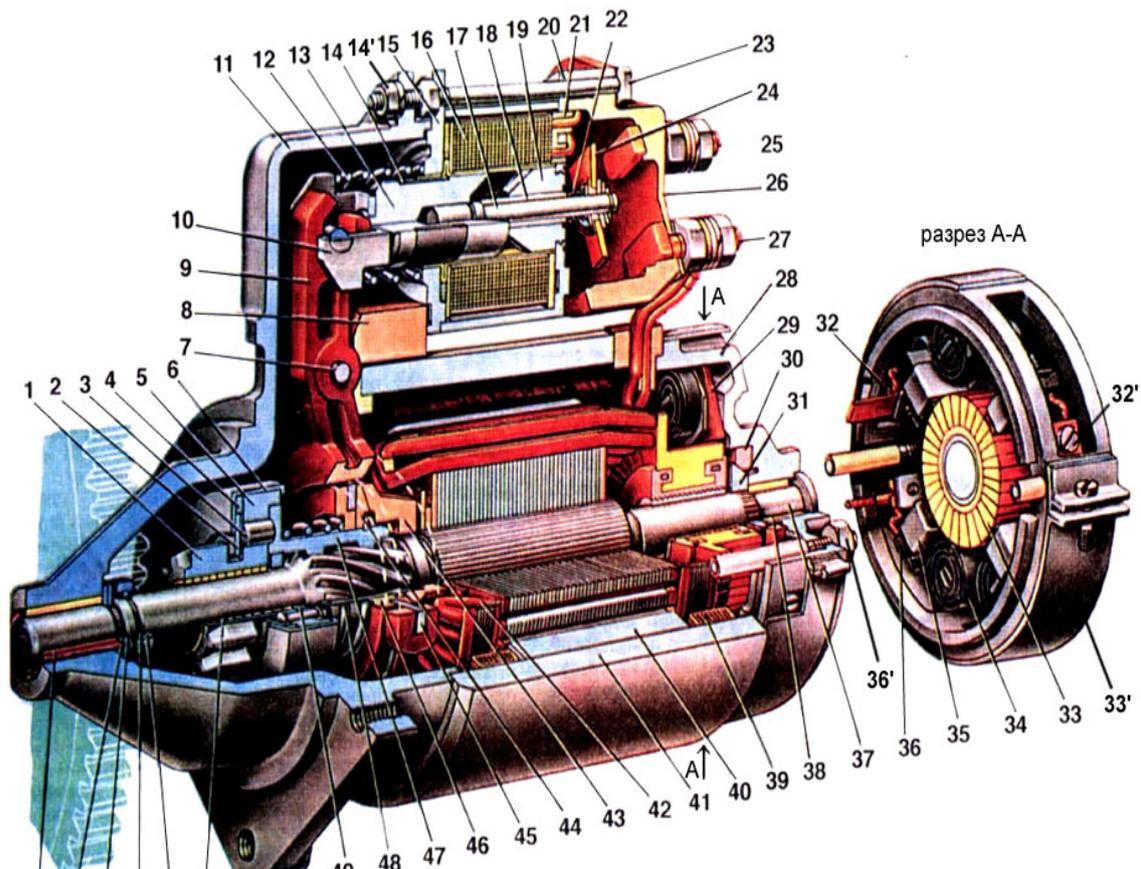


Рисунок 2.7 -Конструкция стартера СТ221

1 – шестерня привода, 2 – упорное полукольцо обгонной муфты, 3 – ролик обгонной муфты, 4 – центрирующее кольцо обгонной муфты, 5 – наружное кольцо обгонной муфты, 6 – кожух обгонной муфты, 7 – ось рычага привода включения шестерни стартера, 8 – уплотнительная заглушка крышки стартера, 9 – рычаг привода включения шестерни стартера, 10 – тяга якоря реле, 11 – крышка стартера со стороны привода, 12 – возвратная пружина якоря реле, 13 – якорь реле стартера, 14 – скользящая втулка, 14' – гайка крепления тягового реле, 15 – передний фланец реле, 16 – обмотка реле, 17 – стержень якоря, 18 – скользящая втулка стержня якоря, 19 – сердечник реле, 20 – фланец сердечника, 21 – щека каркаса обмотки реле, 22 – пружина стержня якоря, 23 – стяжной болт реле стартера, 24 – контактная пластина, 25 – верхний контактный болт, 26 – крышка реле, 27 – нижний контактный болт, 28 – крышка стартера со стороны коллектора, 29 – внутренняя изолирующая пластина положительного щеткодержателя, 30 – тормозной диск крышки, 31 – тормозной диск вала якоря, 32 – клемма щетки стартера, 32' – винт крепления клемм щеток, 33' – защитная лента, 33 – коллектор, 34 –

пружина щетки, 35 – щеткодержатель, 36 – щетка стартера, 36' – стяжная шпилька с гайкой, 37 – вал якоря, 38 – втулка крышки стартера, 39 – шунтовая катушка обмотки статора, 40 – полюс статора, 41 – корпус стартера, 42 – обмотка якоря, 43 ограничитель хода выключения шестерни, 44 – ограничительный диск хода шестерни, 45 – поводковое кольцо, 46 – центрирующий диск, 47 – ступица обгонной муфты, 48 – буферная пружина, 49 – вкладыш ступицы обгонной муфты, 50 – втулка шестерни привода, 51 – ограничительное кольцо хода шестерни, 52 – стопорное кольцо, 53 – упорная шайба вала якоря, 54 – регулировочная шайба осевого свободного хода.

Стартер СТ221 представляет собой четырехполюсный электродвигатель постоянного тока со смешанным возбуждением и состоит из корпуса 41 с обмотками возбуждения, якоря с приводом, двух крышек 11 и 28 и тягового электромагнитного реле. Крышки и корпус стянуты в единое целое двумя шпильками 36', ввернутыми в крышку 11. Внутри стального корпуса закреплены винтами четыре полюса 40. На полюсы надеты катушки обмотки. Корпус вместе с полюсами и катушками образует статор стартера. Две катушки обмотки статора являются последовательными, а две другие параллельными обмотке якоря.

Якорь стартера состоит из вала 37, сердечника с обмоткой 42 из медной ленты и коллектора 33, выполненного в виде пластмассовой втулки с залитыми в ней медными пластинами. Вал якоря вращается в двух металлокерамических втулках 38, запрессованных в крышки стартера и пропитанных маслом. Осевой свободный ход вала якоря регулируется подбором шайб 54 и должен быть в пределах $0,07 \div 0,7$ мм .

На переднем конце вала якоря установлен привод стартера, состоящий из роликовой обгонной муфты и шестерни 1. Обгонная муфта состоит из наружного кольца 5 с роликами 3 и внутреннего кольца, объединенного с шестерней 1 привода. Наружное кольцо имеет три паза с отверстиями, в которых находятся стальные ролики с пружинами, плунжерами и направляющими стержнями. Лазь для роликов - с переменной шириной. В широкой части паза ролики могут свободно вращаться, а в узкой - заклиниваются между наружным и внутренним кольцами.

Электромагнитное тяговое реле стартера служит для ввода шестерни привода в зацепление с венцом маховика и для замыкания цепи питания обмоток якоря и статора. Магнитную систему реле образуют фланцы 15 и 20, ярмо (окружающее обмотку) и сердечник 19, запрессованный во фланец 20. На каркасе из латунной трубки и пластмассовых щек намотана катушка реле. На стартерах выпуска до 1981г. имеются две обмотки: удерживающая и втягивающая. Обе обмотки намотаны в одну сторону. Начала обмоток припаяны к штекеру "50". Конец удерживающей обмотки приварен к фланцу 20 реле (т.е. соединен с "массой"), а конец втягивающей обмотки соединен с нижним контактным болтом 27 реле.

Принцип работы стартера СТ221

При повороте ключа в положение II ("Стартер") замыкаются контакты "30" и "50" выключателя зажигания, и через обмотки тягового реле начинает протекать ток. Под действием этого тока возникает магнитное усилие, которое втягивает якорь реле до соприкосновения с сердечником 19. При этом контактная пластина замыкает контакты 25 и 27. У стартера с двухобмоточным тяговым реле при замыкании контактных болтов втягивающая обмотка обесточивается, так как оба ее конца оказываются соединенными с "плюсом" аккумуляторной батареи. Поскольку якорь уже втянут в реле, то для удержания якоря в этом положении требуется сравнительно небольшой магнитный поток, который и обеспечивает одна удерживающая обмотка. Передвигаясь, якорь реле через рычаг 9 перемещает обгонную муфту с шестерней. Ступица обгонной муфты, проворачиваясь на винтовых шлицах вала якоря стартера, поворачивает также и шестерню 1, что облегчает ее ввод в зацепление с венцом маховика. Кроме того, фаски на боковых кромках зубьев шестерни и венца маховика, а также буферная пружина, передающая усилие от рычага 9 ступице 47 муфты, облегчают ввод шестерни в зацепление и смягчают удар шестерни в венец маховика. Через замкнутые силовые контакты реле идет ток питания обмоток статора и якоря. Якорь стартера начинает вращаться вместе со ступицей 47 и наружным кольцом обгонной муфты. Поскольку ролики муфты смещены пружинами в узкую часть паза наружного кольца, а шестерня тормозится венцом маховика, то ролики заклиниваются между кольцами обгонной муфты, и крутящий момент от вала якоря передается через муфту и шестерню к венцу маховика.

После запуска двигателя частота вращения шестерни начинает превышать частоту вращения якоря стартера. Внутреннее кольцо обгонной муфты (объединенное с шестерней) увлекает ролики в широкую часть паза наружного кольца 5, сжимая пружины плунжеров. В этой части паза ролики свободно вращаются, не заклиниваясь, и крутящий момент от маховика двигателя не передается на вал якоря стартера.

После возвращения ключа в положение I ("Зажигание") цепь питания обмоток тягового реле размыкается. Якорь реле под действием пружины 12 возвращается в исходное положение, размыкая контакты 25 и 27 и возвращая обгонную муфту с шестерней в исходное положение. Пружина 12 через рычаг, диск 44 и ограничитель 43 давит на якорь в сторону крышки 28. Стальной тормозной диск 31 вала якоря упирается в тормозной диск 30 крышки, и якорь быстро прекращает вращение.

Технические характеристики стартеров

В таблице 2.1 приведены в качестве примера основные характеристики стартеров СТ221, 35.3708, 29.3708 и 421.3708.

Таблица 2.1

№ п/п	Наименование параметра	СТ221	35.3708	29.3708	421. 3708
1.	Номинальное напряжение, В	12	12	12	12
2.	Номинальная мощность, кВт (л.с.)	1,3 (1,77)	1,3 (1,77)	1,3 (1,77)	1,5 (2,04)
3.	Направление вращения (со стороны шестерни привода)	правое	правое	левое	левое
4.	Возбуждение (обмотка)	смешанное	смешанное	смешанное	последовательное
5.	Привод	шестерней с роликовой муфтой свободного хода			
6.	Число зубьев шестерни привода стартера	11	11	11	
7.	Модуль	2,116	2,116	2,116	
8.	Диаметр якоря, мм	66,9	66,95	66,95	65
9.	Длина пакета якоря, мм	59,5	49,5	49,5	68
10.	<i>Коллектор:</i>				
	тип	цилиндрический	торцовый	торцовый	цилиндрический
	диаметр, мм	39	65	65	40
	число пластин	31	31	31	31
11.	<i>Обмотка статора:</i>				
	число последовательных катушек	2	3	3	4
	число витков последовательной катушки (каждой)	10	5	5	7
	размеры провода последовательной катушки, мм	1,1x5,3	2,24x5,3	2,24x5,3	1,5x5,6
	число параллельных катушек	2	1	1	–

	число витков параллельной катушки	170	170	170	–
	диаметр провода параллельной катушки, мм	0,6	0,6	0,6	–
12.	<i>Обмотка якоря:</i>				
	число секций	31	31	31	31
	число витков в секции (размеры провода, мм)	1 (1,65x3,4)	1 (1,65x3,4)	1 (1,65x3,4)	1 (1,8x4,0)
	число пазов в якоре	31	31	31	29
	шаг проводников секции по пазам якоря	1-8	1-8	1-8	1-8
	шаг проводников секции по коллектору	1-15	1-15	1-15	1-15
13.	<i>Щетки:</i>				
	тип	МГС20	МГС20	МГС20	МГСА
	число	4	4	4	4
	размеры, мм	7x16x20	7x16x20	7x16x20	8,8x19,2x14
	сила натяжения щеточной пружины, кН	0,9-1,1	0,9-1,1	0,9-1,1	1,0-1,4
14.	<i>Тяговое реле:</i>				
	напряжение включения, В	9	9	9	9
	ток, потребляемый втягивающей обмоткой, А	34,3	24,4	24,4	24,4
15.	<i>Режим номинал. мощности:</i>				
	крутящий момент на валу стартера, кгс-м	0,8	0,76	0,76	0,94
	частота вращения вала стартера, мин ⁻¹	1570	1650	1650	1700
	сила тока, А	270	280	280	315

16.	<i>Режим холостого хода:</i>				
	напряжение, В	11,5	11,5	11,5	11,5
	сила тока, А	35	75	75	75
	частота вращения вала стартера, мин ⁻¹	5000±500	5000±500	5000±500	5000±500
17.	<i>Режим полного торможения:</i>				
	крутящий момент на валу стартера, кгс-м	1,4	1,4	1,4	1,6
	сила тока, А	500	500	500	520
	напряжение не более, В	6,5	7	7	7
18.	Масса стартера, кг	8,5	7,5	6	7,2
19.	Применение	ВАЗ-2101, ...07	ВАЗ-2104, ... 07, 21	ВАЗ-2108, 09	М2140, ИЖ2715, АЗЛК2141

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение стартера?
2. Как устроен стартер?
3. По каким конструктивным характеристикам различают стартеры?
4. Каково назначение ... (например, полюсов статора, якоря, коллектора, щеток, муфты свободного хода,) , и какую функцию этот узел (элемент) стартера выполняет?
5. Какой вид возбуждения имеет исследованный стартер?
6. Сколько обмоток в стартере? Что это за обмотки, и каково их назначение?
7. Какие факторы обуславливают выбор стартера для конкретного двигателя?

Литература:

1. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей. - М.: Транспорт, 2000.
2. Чижков Ю.П., Акимов А.В. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. - М.: Изд-во За рулем, 2000.
3. Пятков К.Б. Электрооборудование ВАЗ 2103, 2106: устройство и ремонт. - М.: Третий Рим, 1998.

Лабораторная работа №3
КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ
АВТОМОБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА И ОЦЕНКА
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Цель работы: изучение конструкции, принципа действия, технологии разборки и сборки, оценка технического состояния генератора Г–221.

Основные этапы работы:

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
2. Работа в лаборатории, связанная с разборкой генератора Г–221, оценкой технического состояния его узлов и элементов и сборкой генератора.
3. Обработка и анализ полученной в лаборатории информации, оформление отчета по проделанной работе.
4. Защита лабораторной работы.

Программа работы:

1. Внеаудиторная подготовка к работе в лаборатории.
 - 1.1. Используя конспекты лекций, учебники и учебные пособия, методические указания к настоящей лабораторной работе, а также доступный справочный материал:
 - ознакомиться с назначением и принципом действия трехфазного автомобильного генератора;
 - изучить устройство автомобильных генераторов, назначение их узлов и элементов;
 - ознакомиться с основными техническими характеристиками;
 - ознакомиться с требованиями к техническому состоянию основных узлов и элементов;
 - изучить технологию разборки генератора Г–221.
 - 1.2. В процессе подготовки к работе в лаборатории найти ответы на контрольные вопросы методических указаний.
 - 1.3. Подготовить таблицу оценки технического состояния элементов и узлов генератора по образцу, приведенному в настоящем руководстве.
2. Работа в лаборатории.
 - 2.1. Для ознакомления с конструкцией и элементами генератора изучить демонстрационный стенд и плакаты, посвященные генератору.
 - 2.2. Получить набор инструментов, необходимых для разборки и сборки генератора типа Г–221.
 - 2.3. Разобрать генератор в следующем порядке:

2.3.1. С помощью ключа № 24 отвернуть гайку крепления шкива вентилятора, снять пружинную коническую шайбу и посредством широкой отвертки снять шкив.

2.3.2. Вынуть из паза на валу ротора сегментную шпонку.

2.3.3. Отвернуть отверткой винт 8 (рис.3.1) крепления щеткодержателя и снять щеткодержатель.

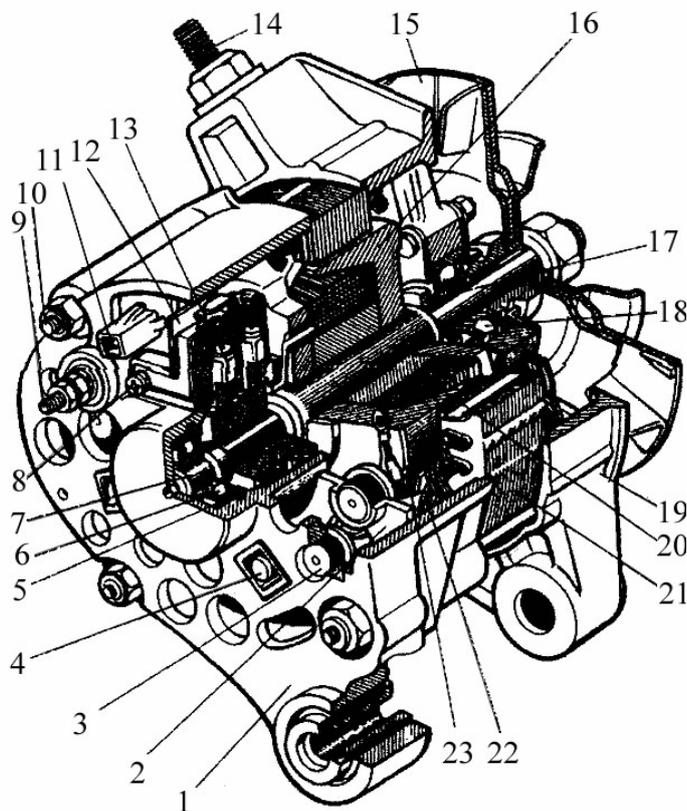


Рисунок 3.1 - Устройство генератора Г221:

1—крышка со стороны контактных колец; 2—выпрямительный блок; 3—вентиль (диод); 4—болт крепления выпрямительного блока; 5—контактное кольцо; 6—задний подшипник; 7—вал ротора; 8—винт крепления щеткодержателя; 9—вывод «30» генератора; 10—стяжной болт; 11—штекер «нулевого привода»; 12—щеткодержатель; 13—щетка; 14—шпилька крепления генератора к натяжной планке; 15—шкив с вентилятором; 16, 23—полюс ротора; 17—втулка; 18—передний подшипник; 19—крышка со стороны привода; 20—обмотка ротора; 21—статор; 22—обмотка статора.

2.3.4. Ключом № 10 отвернуть гайки четырех стяжных болтов 10.

2.3.5. Снять крышку 19 со стороны привода, а затем ротор в сборе.

2.3.6. Ключом № 7 отвернуть гайки винтов, соединяющих наконечники вентиля с выводами обмотки статора.

2.3.7. Вынуть из колодки штекерного разъема штекер 11 «нулевого» провода.

2.3.8. Извлечь статор 21 из крышки 1 генератора.

2.3.9. Ключом № 10 отвернуть гайку вывода 30 и снять выпрямительный блок 2 с вентилями положительной полярности.

2.4. Оценить техническое состояние генератора.

2.4.1. Осмотреть состояние статора генератора. Оценить состояние изоляции видимой части обмотки.

Осмотреть выводы обмотки статора и сделать заключение о состоянии изоляции выводов и их наконечников. При наличии окисления наконечников произвести их очистку с помощью абразивной бумаги. Провод статорной обмотки не

должен иметь следов перегрева.

Примечание - Все выводы и результаты оценки технического состояния элементов и узлов записать в заготовленную ранее таблицу, аналогичную Э2.1.

С помощью омметра проверить целостность изоляции обмотки. Для этого один зажим прибора необходимо подключить к одному из наконечников выводов обмотки, а другой к магнитопроводу. Сопротивление изоляции должно быть равным бесконечности. С помощью омметра проверить целостность статорной обмотки, для чего следует измерить сопротивление фазных обмоток между разъемом «нулевого» провода и каждым из трех выводов статорной обмотки. Сопротивление должно быть близким к нулю.

2.4.2. Визуально проследить прохождение обмоточного провода обмотки, ближайшей к внутренней поверхности магнитопровода статора, на основании чего составить схему укладки трехфазной обмотки статора.

2.4.3. Осмотреть ротор генератора. Проверить состояние подшипников. Внешние обечайки подшипников должны свободно вращаться относительно внутренних обечаек. Кроме этого, люфт одной обечайки относительно другой должен практически отсутствовать.

2.4.4. Проверить состояние медных контактных колец. Внешние поверхности колец должны быть чистыми и ровными, без механических повреждений и задиров.

2.4.5. С помощью омметра измерить сопротивление обмотки возбуждения. Для чего прибор необходимо подключить к контактным кольцам. Прибор должен показать сопротивление в несколько Ом. На кольцах не должно быть следов подгара.

2.4.6. Измерить сопротивление изоляции обмотки возбуждения от корпуса ротора. Для этого одним щупом прибора необходимо коснуться одного из контактных колец, а другим щупом коснуться чистой поверхности магнитопровода ротора. Сопротивление изоляции должно быть равным бесконечности.

2.4.7. Проверить исправность диодов выпрямительного блока. Для этого с помощью омметра измерить их сопротивления в прямом и обратном направлении. Сопротивление диода в прямом направлении должно быть мало и практически равно бесконечности в обратном направлении. Следует обратить внимание на то, что при измерении прямого сопротивления показания омметра зависят от типа используемого прибора и составляет от нескольких Ом до нескольких десятков Ом.

2.4.8. Осмотреть щеткодержатель со щетками. Длина щеток не должна быть менее 8 мм. Щетки должны свободно перемещаться в направляющих, не иметь сколов. Поверхность трений о кольца должна быть ровной. Направляющие щеткодержателя должны быть без механических повреждений и без следов подгара или оплавления. Щетки должны выступать из щеткодержателя не менее чем на 5 мм. Пружины щеткодержателя должны быть исправными. Исправность пружин можно проверить путем нажатия на щетки. При снятии уси-

лия щетки должны вернуться под действием пружин в исходное положение.

2.4.9. Проверить состояние крышек генератора. Они не должны иметь механических повреждений.

Все результаты оценки технического состояния генератора занести в таблицу.

2.5. Сборка генератора

2.5.1. Поставить на место вертикальные блоки генератора. Поставить на место болт вывода «30» и завернуть с небольшим усилием гайку вывода.

2.5.2. Правильно вставить статор в заднюю крышку с вентильным блоком и закрепить наконечники выводов обмотки статора на выводы диодов. Неизолированные токопроводящие наконечники выводов обмотки статора и перемычки между диодами должны отстоять от радиаторов не менее чем на 3 мм.

2.5.3. Вставить ротор генератора в статор и заднюю крышку. Подшипник ротора должен плотно войти в гнездо задней крышки.

2.5.4. Поставить переднюю крышку генератора на место. Ось ротора должна войти в подшипник передней крышки. Поставить на место четыре стяжных болта. Надеть на болты шайбы и вручную закрутить гайки стяжных болтов.

2.5.5. Повернуть ось ротора на несколько оборотов. Ротор должен свободно вращаться в подшипниках и не задевать за статор. Затянуть гайки стяжных болтов и повторно проверить ротор. Ротор должен вращаться свободно.

2.5.6. Установить на место шкив приводного ремня, шпонку, шайбу. Закрепить шкив генератора на его оси с помощью гайки ключом № 24.

2.5.7. Установить на заднюю крышку щеткодержатель со щетками и закрепить их винтом с помощью отвертки.

2.6. Привести в порядок инструменты и рабочее место. Сдать набор инструментов, измерительный прибор и генератор.

2.7. Представить преподавателю для проверки таблицу оценки технического состояния генератора.

3. Оформить отчет, проведя анализ технического состояния генератора. Сформулировать заключение о пригодности генератора к эксплуатации.

Методический материал к лабораторной работе

Автомобильные генераторные установки

В настоящее время коллекторные генераторы постоянного тока, работающие совместно с вибрационными реле-регуляторами практически полностью вытеснены вентильными генераторами—генераторами переменного тока со встроенными в них выпрямителями. Это обусловлено следующим: вентильные генераторы при той же мощности в 1,8...2,5 раза легче генераторов постоянного тока, имеют большую максимальную мощность, более надежны. Современные вентильные генераторы включают в свою конструкцию и выпрями-

тель и регулятор напряжения. В схемы генераторных установок стали добавляться элементы защиты от аварий.

Главным требованием, предъявляемым к генераторным установкам, является обеспечение электропитанием потребителей во всех режимах работы автомобиля при работающем двигателе. Номинальное напряжение генератора равно 14 В или 28 В (для дизельных двигателей). 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} .

Генераторные установки выполняются по однопроводной схеме, в которой с корпусом соединен отрицательный полюс системы.

Условное обозначение генераторных установок.

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 (РР24 и т.п.). Следующими за буквами цифры обозначали номер модели и модификацию. Некоторые изготовители давали свое обозначение изделий (например: Я112).

Принцип действия вентильного генератора

Преобразование механической энергии, которую автомобильный генератор получает от двигателя внутреннего сгорания через ременную передачу в электрическую происходит, в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Суть явления состоит в том, что, если изменять магнитный поток, пронизывающий катушку, витки которой выполнены из проводящего материала, например, медного провода, то на выводах катушки появляется электрическое напряжение, равное произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока. Совокупность таких катушек образует в генераторе обмотку статора. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по значению и направлению, что обеспечивается в щеточной конструкции вентильного генератора или только по значению, что характерно для индукторного бесщеточно-

го генератора. Для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Эта катушка образует обмотку возбуждения. Сталь, в отличие от воздуха, хорошо проводит магнитный поток. Поэтому основные узлы генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, состоят из стальных участков и обмоток, в которых создается магнитный поток при протекании в ней электрического тока (обмотка возбуждения), и возникает электрический ток при изменении этого потока (обмотка статора).

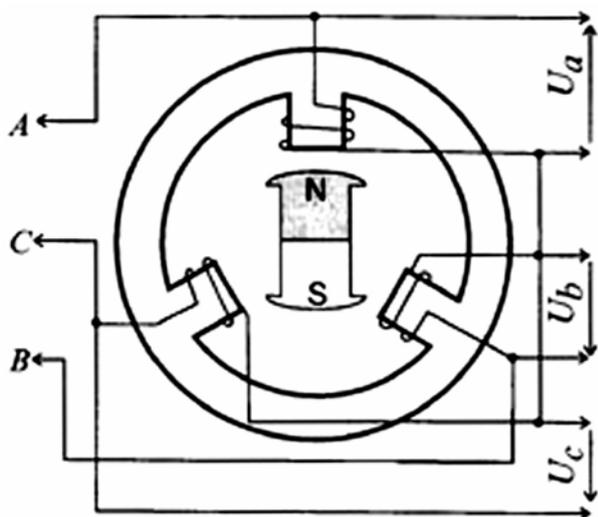


Рисунок 3.2 - Генератор переменного тока с ротором, представляющим собой постоянный магнит

Обмотка статора с его магнитопроводом образует собственно статор, главную неподвижную часть, а обмотка возбуждения с полюсной системой и некоторыми другими деталями (валом, контактными кольцами) - ротор, главную вращающуюся часть.

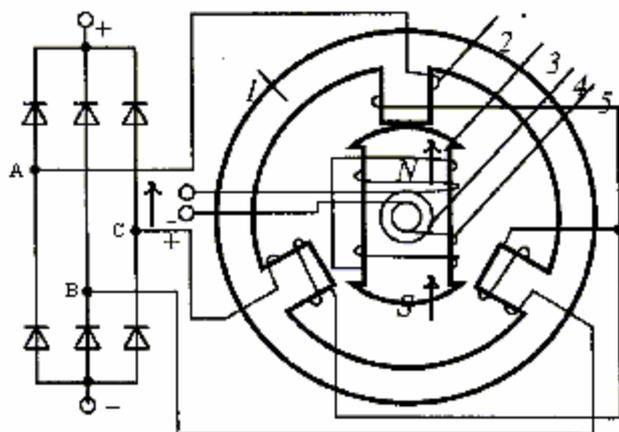


Рисунок 3.3 - Вентильный щеточный генератор (упрощенная конструкция):
 1-статор;
 2-обмотка статора;
 3-полюс ротора;
 4-контактные кольца;
 5-обмотка возбуждения.

Питание обмотки возбуждения осуществляется от источника постоянного тока, например, от аккумуляторной батареи или от самого генератора. В последнем случае генератор работает на самовозбуждении, его первоначальное напряжение образуется за счет остаточного магнитного потока, который создается стальными частями ротора даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. Это напряжение вызывает появление электрического тока в обмотке воз-

буждения, в результате чего магнитный поток усиливается и вызывает лавинный процесс возбуждения генератора. Однако самовозбуждение генератора происходит на слишком высоких частотах вращения ротора. Поэтому в схему генераторной установки, если обмотка возбуждения не соединена с аккумуляторной батареей, вводят такое соединение 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 работе генератора напротив катушек обмотки статора устанавливается то южный, то северный полюс ротора, при этом направление магнитного потока, пронизывающего катушку, изменяется, что и вызывает появление в ней переменного напряжения. Частота этого напряжения f зависит от частоты вращения ротора n и числа пар полюсов генератора:

$$f = \frac{(pn)}{60}.$$

У всех автомобильных генераторов отечественного производства и, за редким исключением, генераторов зарубежных фирм шесть пар полюсов, при этом частота переменного тока в обмотке статора, выраженная в Гц, меньше частоты вращения ротора генератора, измеряемой в мин⁻¹, в 10 раз.

С учетом передаточного числа ременной передачи i от двигателя к генератору, частота переменного тока, выраженная через частоту вращения коленчатого вала двигателя $n_{дв}$ определяется соотношением:

$$f=0,1 n_{дв} \cdot i.$$

Следовательно, 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.

Обмотка статора как отечественных, так и зарубежных генераторов – трехфазная.

Она состоит из трех обмоток фаз, которые иногда называют просто фазами, токи и напряжения в которых смещены на 120 электрических градусов, как показано на рисунках 3.2 и 3.3.

Фазы могут соединяться в «звезду» или «треугольник». При этом различают фазные и линейные напряжения и токи. Фазные напряжения действуют между выводами обмоток фаз, а токи протекают в этих обмотках, линейные напряжения действуют между проводами, соединяющими обмотку статора с выпрямителем.

В этих проводах протекают линейные токи. Естественно, выпрямитель выпрямляет те величины, которые к нему подводятся, т.е. линейные. 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», т.к. 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».

Более тонкий провод можно применять и при соединении «звезда». В этом случае обмотку выполняют из двух параллельно соединенных обмоток, каждая из которых соединена в «звезду», т.е. соединением «двойная звезда».

Выпрямитель содержит для трехфазной системы шесть силовых полупроводниковых диодов, три из которых VD1, VD3, VD5 соединены с выводом «+» генератора, а три - VD2, VD4, VD6 - с выводом «-» («массой»). Однако стремление повысить мощность генератора привело к увеличению числа диодов выпрямителя до восьми и применению дополнительного плеча выпрямителя на диодах VD7, VD8, показанное на рисунке 3.4 пунктиром.

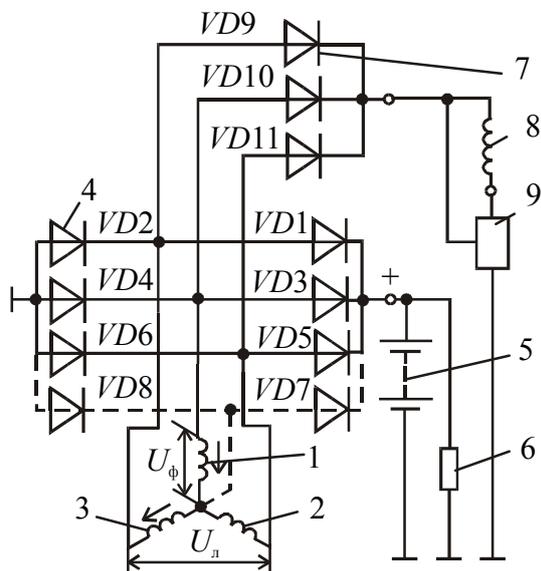
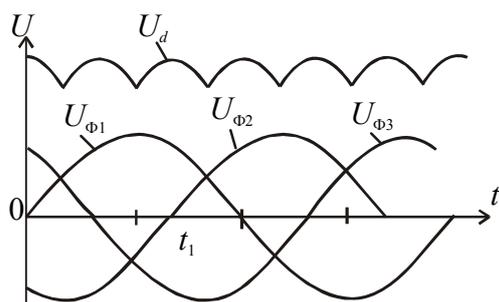


Рисунок 3.4 - Принципиальная схема генераторной установки:

- U_{ϕ} , $U_{л}$, U_d – соответственно фазное, линейное и выпрямленное напряжения;
 1, 2, 3 – обмотки трех фаз статора;
 4 – диоды силового выпрямителя;
 5 – аккумуляторная батарея;
 6 – нагрузка;
 7 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения;
 8 – обмотки возбуждения;
 9 – регулятор напряжения.



Такая схема выпрямителя может иметь место только при соединении обмоток статора в «звезду», так как дополнительное плечо запитывается от «нулевой» точки «звезды».

Подключение обмотки возбуждения к собственному выпрямителю на диодах VD9 - VD11 препятствует протеканию через нее тока разряда аккумулятора

торной батареи при неработающем двигателе автомобиля.

Полупроводниковые диоды находятся в открытом состоянии и не оказывают существенного сопротивления прохождению тока при приложении к ним напряжения в прямом направлении и практически не пропускают при обратном напряжении.

По графику фазных напряжений (рисунок 3.4) можно определить, какие диоды открыты, какие закрыты в данный момент времени. Фазное напряжение $U_{\phi 1}$ действует в обмотке первой фазы, $U_{\phi 2}$ - второй, $U_{\phi 3}$ - третьей. Эти напряжения изменяются по кривым, близким к синусоиде, и в одни моменты времени они положительны, в другие отрицательны.

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 фазы – положительно, а третьей - отрицательно, направление напряжений фаз соответствует стрелкам на рис.3.4. 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. Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят также 6 диодов, но 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 генераторах. Напряжение любой формы можно представить в виде суммы синусоид, которые называются гармоническими составляющими или гармониками – основной, частота которой совпадает с частотой фазного напряжения и высших, главным образом, третьей, частота которой в три раза выше, чем первой. Представление реальной формы фазного напряжения в виде суммы двух гармоник, первой и третьей, показано на рисунке 3.5.

Из электротехники известно, что в линейном напряжении, т.е. в том напряжении, которое проводами подводится к выпрямителю и выпрямляется, третья гармоника 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 уничтожаются друг друга в линейном напряжении.

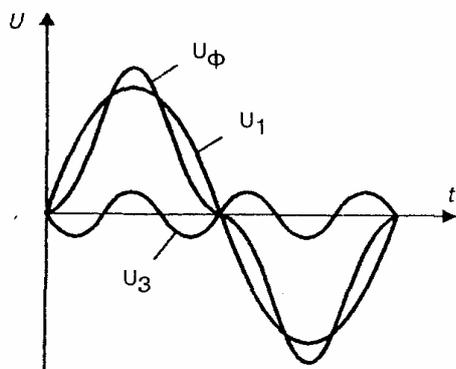


Рисунок 3.5 - Представление фазного напряжения U_ϕ в виде суммы синусоид первой U_1 и третьей U_3 гармоник.

Таким образом, третья гармоника напряжения в фазном напряжении присутствует, а в линейном — нет. 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 3.4 выпрямленное напряжение носит пульсирующий характер. Применение дополнительного плеча на диодах VD7, VD8 усугубляет глубину пульсации. Однако наличие аккумуляторной батареи, которая является своеобразным фильтром, сглаживает напряжение в бортовой сети автомобиля. При этом ток в самой батарее пульсирует.

Аккумуляторная батарея для своей надежной работы требует, чтобы с понижением температуры электролита напряжение, подводимое к батарее от генераторной установки, несколько повышалось, а с повышением температуры — понижалось.

Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения в 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.

В настоящее время все больше зарубежных фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя. Для автоматического предотвращения разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля в регулятор такого типа заводится фаза генератора. Регуляторы, как правило, оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который, например, при неработающем двигателе переводит выходной транзистор в колебательный режим, при котором ток в обмотке возбуждения невелик.

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

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

Электрические схемы генераторных установок

Принципиальные электрические схемы генераторных установок приведены на рисунке 3.6.

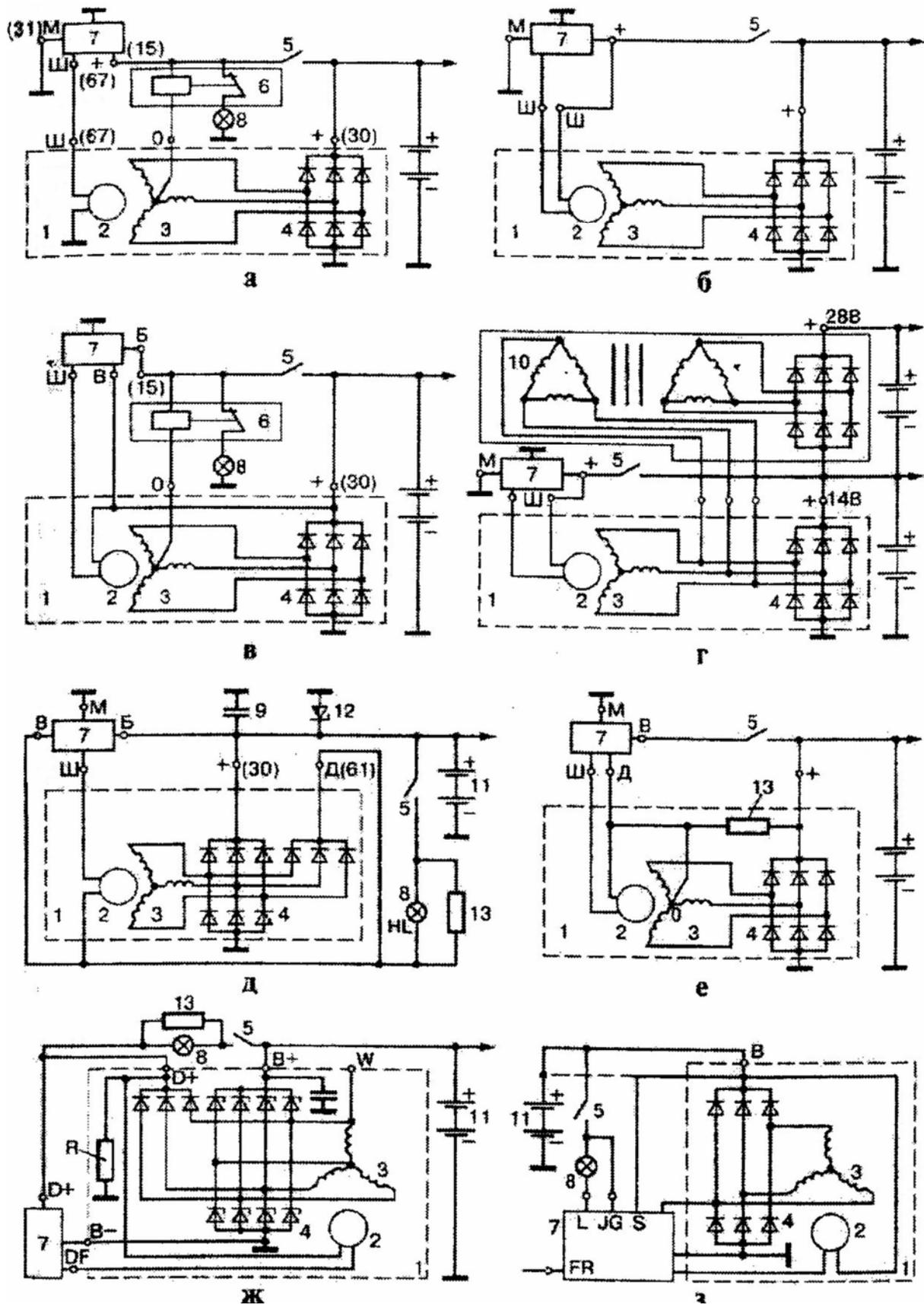


Рисунок 3.6 - Схемы генераторных установок:

1 - генератор, 2 - обмотка возбуждения, 3 - обмотка статора, 4 - выпрямитель, 5 - выключатель, 6 - реле контрольной лампы, 7 - регулятор напряжения, 8 - контрольная лампа, 9 - помехоподавительный конденсатор, 10 - трансформаторно-выпрямительный блок, 11 - аккумуляторная батарея, 12 - стабилитрон защиты от всплесков напряжения, 13 - резистор.

Генераторные установки могут иметь следующие обозначения выводов: «плюс» силового выпрямителя: «+», В, 30, В+, ВАТ; «масса»: «-», D-, 31, В-, М, Е, GRD; вывод обмотки возбуждения: Ш, 67, DF, F, EXC, E, F_D; вывод для соединения с лампой контроля исправности (обычно «плюс» дополнительного выпрямителя, там, где он есть): D, D+, 61, L, WL, IND; вывод фазы: ~, W,R, STA, вывод нулевой точки обмотки статора: 0, Мр; вывод регулятора напряжения для подсоединения его в бортовую сеть, обычно к «+» аккумуляторной батарее: Б, 15, S; вывод регулятора напряжения для питания его от выключателя зажигания: IG; вывод регулятора напряжения для соединения его с бортовым компьютером: FR, F.

Различают два типа не взаимозаменяемых регуляторов напряжения - в одном типе (рисунок 3.6 а) выходной коммутирующий элемент регулятора напряжения соединяет вывод обмотки возбуждения генератора с «+» бортовой сети, в другом типе (рисунок 3.6 б,в) - с «-» бортсети. Транзисторные регуляторы напряжения второго типа являются более распространенными.

Чтобы на стоянке аккумуляторная батарея не разряжалась, цепь обмотки возбуждения генератора (рисунок 3.6 а, б) запитывается через выключатель зажигания. Однако при этом контакты выключателя коммутируют ток, что неблагоприятно сказывается на их сроке службы. Разгрузить контакты выключателя можно, используя промежуточное реле, но более прогрессивно, если через выключатель зажигания запитывается лишь цепь управления регулятора напряжения (рисунок 3.6 в), потребляющая ток силой в доли ампера. Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле регулятора в выключенное состояние, что не позволяет току протекать через обмотку возбуждения. Однако, применение выключателя зажигания в цепи гм торной установки снижает ее надежность и усложняет монтаж на автомобиле. Кроме того, в схемах на рисунке 3.6 а, б, в, падение напряжения в выключателе зажигания и других коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора (штекерные соединения, предохранители), влияет на уровень поддерживаемого регулятором напряжения и частоту переключения его выходного транзистора, что может сопровождаться миганием ламп осветительной и светосигнальной аппаратуры, колебанием стрелок вольтметра и амперметра.

Поэтому более перспективной является схема на рисунке 3.6 д, в которой обмотка возбуждения имеет свой дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «Д» этого выпрямителя и подсоединяется обмотка возбуждения генератора. Схема допускает некоторый разряд аккумуляторной батареи малыми токами по цепи регулятора напряжения и при длительной стоянке рекомендуется снимать наконечник провода с клеммы «+» аккумуляторной батареи.

В схему на рисунке 3.6 д, введено подвозбуждение генератора от аккумуляторной батареи через контрольную лампу 8. Небольшой ток, поступающий в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточен для возбуждения генератора и в то же время не может существенно влиять на разряд аккумуляторной батареи. Обычно параллельно контрольной лампе

включают резистор 13, чтобы даже в случае перегорания контрольной лампы генератор мог возбудиться. Контрольная лампа в схеме на рис.3.6 *д*, является одновременно и элементом контроля работоспособности генераторной установки.

В схеме применен стабилитрон 12, гасящий всплески напряжения, опасные для электронной аппаратуры.

С целью контроля работоспособности в схеме на рисунке 3.6 *а* введены реле с нормально замкнутыми контактами, через которые получает питание контрольная лампа 8.

Эта лампа загорается после включения замка зажигания и гаснет после пуска двигателя, т.к. под действием напряжения от генератора реле, обмотка которого подключена к нулевой точке обмотки статора, разрывает свои нормально замкнутые контакты и отключает контрольную лампу 8 от цепи питания.

Если лампа 8 при работающем двигателе горит, значит генераторная установка неисправна. В некоторых случаях обмотка реле контрольной лампы 6 подключается на вывод фазы генератора.

Схема рисунка 3.6 *е*, характерна для генераторных установок с номинальным напряжением 28 В.

В этой схеме обмотка возбуждения включена на нулевую точку обмотки статора генератора, т.е. питается напряжением, вдвое меньшим, чем напряжение генератора.

При этом приблизительно вдвое снижаются и величины импульсов напряжения, возникающих при работе генераторной установки, что благоприятно сказывается на надежности работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 служит тем же целям, что и контрольная лампа в схеме рисунка 3.6 *д*, *з*, т.е. обеспечивает уверенное возбуждение генератора.

На автомобилях с дизельными двигателями может применяться генераторная установка на два уровня напряжения 14/28В. Второй уровень 28В используется для зарядки аккумуляторной батареи, работающей при пуске ДВС. Для получения второго уровня используется электронный удвоитель напряжения или трансформаторно-выпрямительный блок (ТВБ), как это показано на рисунке 3.6 *з*. В системе на два уровня напряжения регулятор стабилизирует только первый уровень напряжения 14В. Второй уровень возникает посредством трансформации и последующего выпрямления ТВБ переменного тока генератора. Коэффициент трансформации трансформатора ТВБ близок к единице.

В некоторых генераторных установках зарубежного и отечественного производства регулятор напряжения поддерживает напряжение не на силовом выводе генератора «+», а на выводе его дополнительного выпрямителя, как показано на схеме рисунка 3.6 *ж*. Схема является модификацией схемы рисунка 3.6 *д*, с устранением ее недостатка - разряда аккумуляторной батареи регулятора напряжения при длительной стоянке. Такое исполнение схемы генера-

торной установки возможно потому, что разница напряжения на клеммах «+» и Д невелика. На рисунке 3.6 ж, показана схема с дополнительным плечом выпрямителя, выполненная на стабилитронах, которые в нормальном режиме работают, как обычные выпрямительные диоды, а в аварийных режимах предотвращают появление опасных всплесков напряжения. Резистор R , как было показано выше, расширяет диагностические возможности схемы.

Генераторные установки без дополнительного выпрямителя, но с подводом к регулятору вывода фаз, применение которых расширяется, выполняются по схеме рисунка 3.6 з. В этом случае схема генераторной установки упрощается, но усложняется схема регулятора напряжения, т.к. на него переносятся функции предотвращения разряда аккумуляторной батареи на цепь возбуждения генератора при неработающем двигателе автомобиля и управления лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки. На вход регулятора может подаваться напряжение генератора или аккумуляторной батареи (пунктир на рисунке 3.6 з), а иногда и оба этих напряжения сразу.

Конечно, стабилитрон 12 (рисунок 3.6 д), защищающий от всплесков напряжения дополнительное плечо выпрямителя, а также выполнение выпрямителя на стабилитронах может быть использовано в любой из приведенных схем.

Некоторые фирмы применяют включение контрольной лампы через разделительный диод, а в схемах рисунка 3.6 д, ж, включение ее идет через контактное реле. В этом случае обмотка реле включается на место контрольной лампы. Если генераторная установка работает в комплексе с датчиком температуры электролита, она имеет дополнительные выводы для его подсоединения.

Генераторы на большие выходные токи могут иметь параллельное включение диодов выпрямителя. Для защиты цепей генераторной установки применяют предохранители обычно в цепях контрольной лампы, соединениях регулятора с аккумуляторной батареей, в цепи питания аккумуляторной батареи.

Конструкция генераторов

Отечественные и зарубежные генераторы в принципе имеют идентичную конструкцию, в основу которой положена клювообразная полюсная система ротора (рисунок 3.7). Такая система позволяет создать многополюсную систему с помощью одной катушки возбуждения.

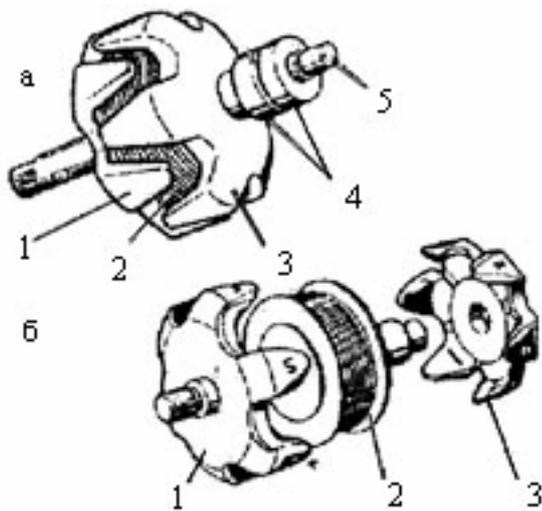


Рисунок 3.7 - Ротор автомобильного генератора;
 а - ротор в сборе; б – полюсная система в разобранном виде;
 1 и 3 - полюсные половины;
 2 - обмотка возбуждения;
 4 - контактные кольца;
 5 – вал.

По организации системы охлаждения генераторы можно разделить на два типа - традиционной конструкции, с вентилятором на приводном шкиве (рисунок 3.8 а) и компактной конструкции, с двумя вентиляторами у торцевых поверхностей полюсных половин ротора (рисунок 3.8 б.) В первом случае охлаждающий воздух засасывается вентилятором через вентиляционные окна в крышке со стороны контактных колец, во втором - через вентиляционные окна обеих крышек. Компактную конструкцию отличают наличие вентиляционных отверстий на цилиндрических частях крышек и усиленное оребрение. Малый диаметр внутренних вентиляторов позволяет увеличить частоту вращения ротора генераторов компактной конструкции, поэтому ряд фирм рекламирует их как высокоскоростные. Последние годы, как в России, так и за рубежом новые разработки генераторов обычно имеют компактную конструкцию. Для автомобилей с высокой температурой воздуха в моторном отсеке или работающих в условиях повышенной запыленности применяют конструкцию с поступлением забортного воздуха через кожух с патрубком и воздуховод (рисунок 3.8 в).

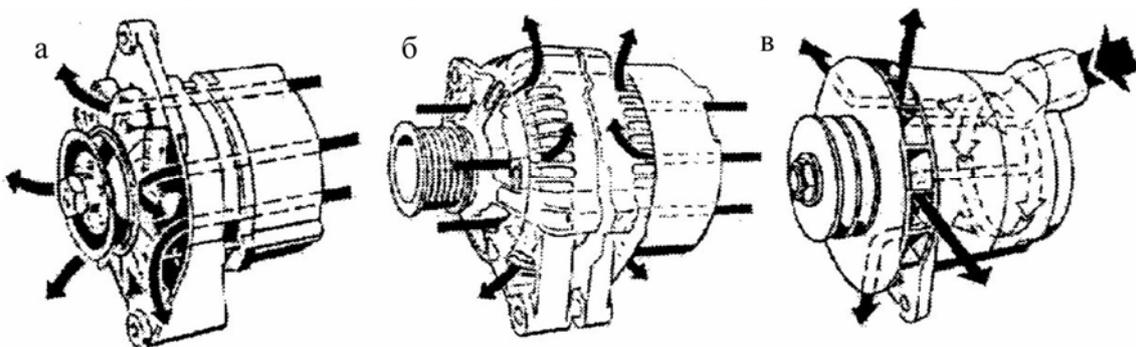


Рисунок 3.8 Системы охлаждения генераторов:

а - генераторы традиционной конструкции; б - генераторы компактной конструкции; в – для повышенной температуры подкапотного пространства. Стрелками указано направление движения охлаждающего воздуха.

По общей компоновке генераторы разделяются на конструкции, у которых щеточный узел размещен во внутренней полости генератора и конструкции с размещением его снаружи под специальным пластмассовым кожухом. В последнем случае контактные кольца ротора имеют малый диаметр, т.к. при

сборке генератора они должны пройти через внутренний диаметр подшипника задней крышки. Уменьшение диаметра колец способствует повышению ресурса работы щеток.

На рисунке 3.9 представлен генератор традиционной конструкции 581.3701, установленный на автомобиле «Москвич». Генератор имеет расположение щеточных и выпрямительных узлов во внутренней полости. Регулятор встроен в щеточный узел.

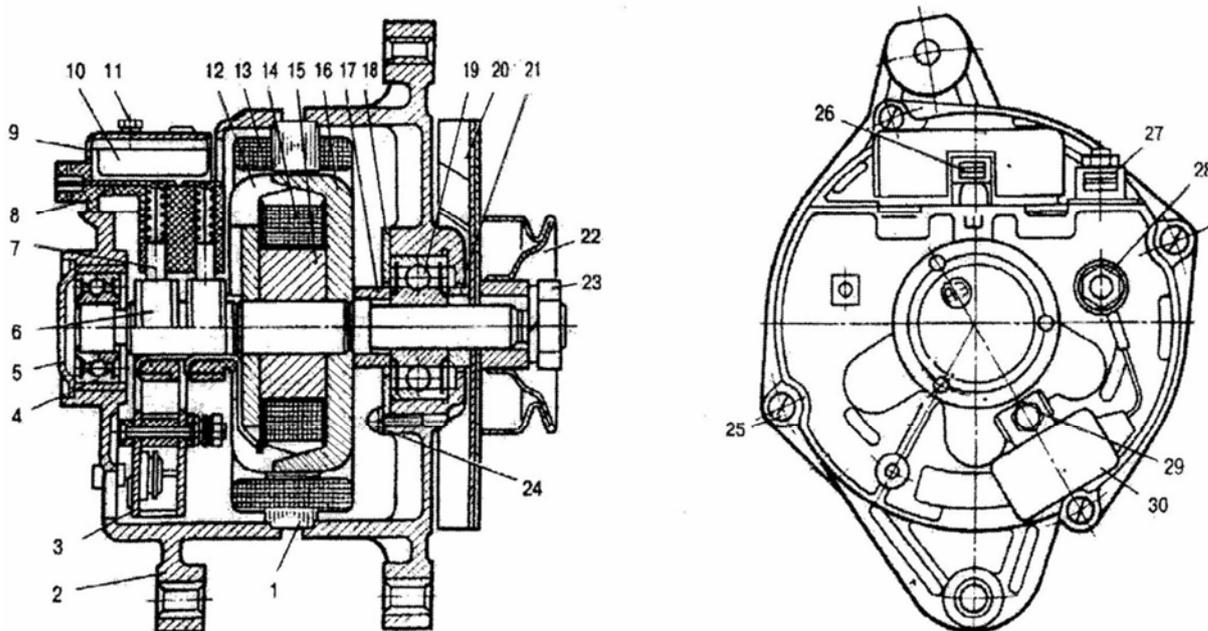


Рисунок 3.9 - Генератор 581.3701, где:

1—сердечник статора; 2—задняя крышка; 3—выпрямитель; 4, 19—подшипники; 5—крышка подшипника; 6—кольца; 7—щетki; 8—щеткодержатель; 9—кожух; 10—регулятор; 11—винт крепления узла регулятора; 12, 16—полюсные половины; 13—обмотка статора; 14—обмотка возбуждения; 15—втулка ротора; 17—стопорная втулка; 18—фланец; 20—вентилятор; 21—упорная втулка; 22—шквив; 23—гайка шкива; 24—винт крепления фланца подшипника; 25—стяжные винты; 26—штекерный вывод «Ш», 27—штекерный вывод фазы обмотки статора; 28—вывод «+»; 29—винт крепления конденсатора; 30—конденсатор.

На рисунке 3.10 представлен генератор компактной конструкции фирмы Bosch. Аналогичную конструкцию имеет генератор 9422.3701 автомобиля ВАЗ-2110, генератор 26.3771 автомобилей ВАЗ и АЗЛК. В этих генераторах щеточный, выпрямительный узлы и регуляторы напряжения закреплены на задней крышке под пластмассовым колпаком.

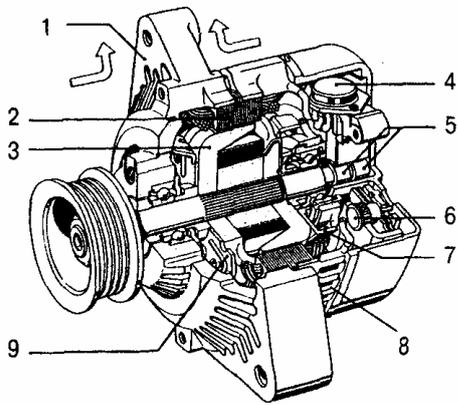


Рисунок 3.10. Генератор компактной конструкции фирмы Bosch:

1,8 - крышки; 2 - статор; 3 - ротор;
4 - регулятор напряжения; 5 - контактные кольца; 6 - выпрямитель; 7,9- вентиляторы.

Статор генератора устанавливается между крышками, причем их посадочные места контактируют с наружной поверхностью пакета статора. Чем глубже статор утоплен в крышке, тем меньше вероятность появления перекоса подшипников, установленных в крышках. Некоторые зарубежные фирмы выпускают генераторы, у которых статор полностью утоплен в переднюю крышку, существуют конструкции, у которых средние листы пакета выступают над остальными и они являются посадочным местом для крышки.

Крепежные лапы и натяжное ухо отливаются заодно с крышками. Отличием генераторов ВАЗ является наличие шпильки вместо натяжного уха. Отечественные генераторы традиционной конструкции имеют двухлапное крепление, крепежные лапы выполнены заодно с крышками. Зарубежные генераторы легковых автомобилей крепятся на двигателе обычно за одну лапу, которую имеет передняя крышка. Впрочем, однолапное крепление может осуществляться стыковкой приливов обеих крышек. На отечественных генераторах компактной конструкции расширяется применение однолапного крепления.

Пакет статора отечественных генераторов набирается из стальных листов толщиной 0,5 - 1 мм. Однако более прогрессивной технологией является навивка пакета из ленты или набор его из стальных подковообразных сегментов, т.к. при этом снижается расход стали. Листы скреплены между собой сваркой.

Генераторы устаревших конструкций имели 18 пазов на статоре под размещение обмотки, в настоящее время практически все генераторы массовых выпусков имеют 36 пазов.

Пазы изолированы пленкоэлектрокартоном, полиэтилентерефталатной пленкой или напылением изоляции, обмотки выполняются проводами ПЭТ-200, ПЭТД-180, ПЭТВМ, ПЭСВ-3 и др. Схемы обмотки статора представлены на рисунке 3.11. У распределенной обмотки секция разбивается на две полусекции, исходящие из одного паза, причем одна полусекция отходит влево, другая вправо. Петлевая обмотка имеет секции или полусекции в виде катушек с лобовыми соединениями по обе стороны пакета статора, волновая же действительно напоминает волну, т.к. ее лобовые соединения расположены поочередно то с одной, то с другой стороны статора.

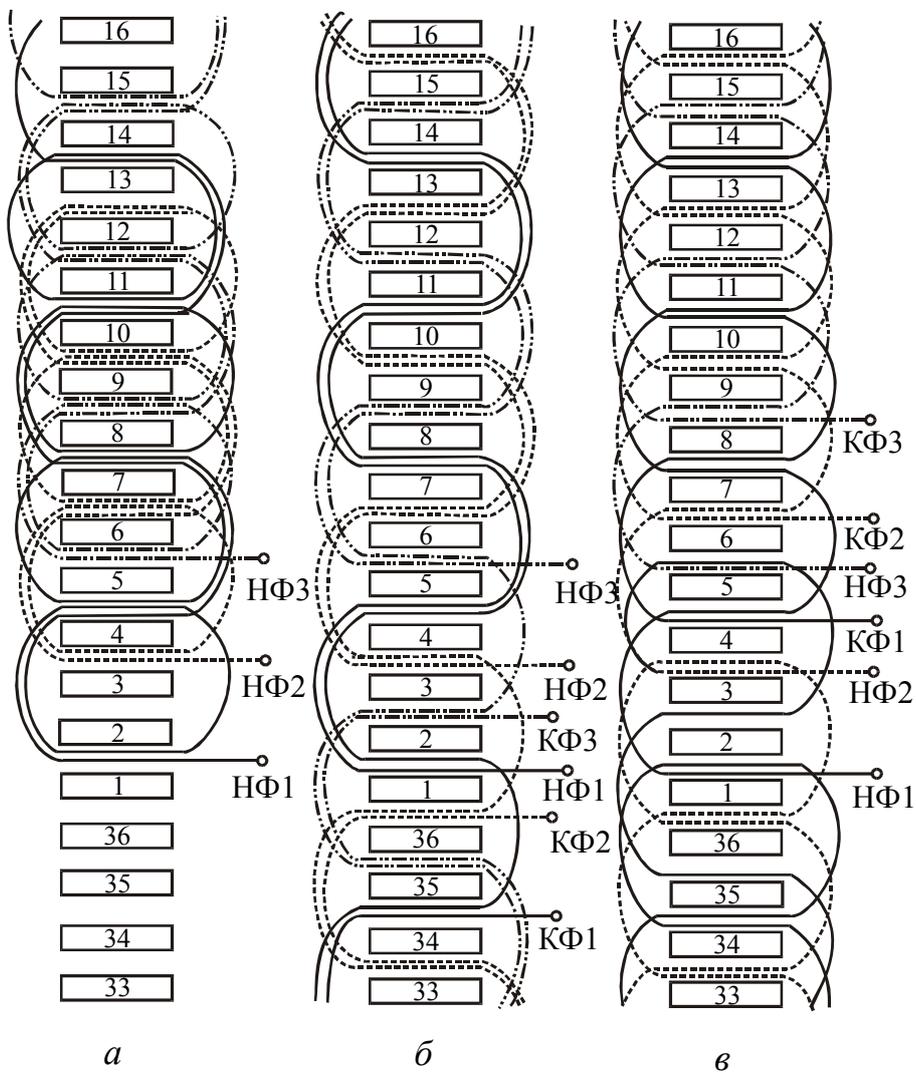


Рисунок 3.11 - Схемы обмоток статора:
 а) – петлевая распределенная; б) – волновая сосредоточенная;
 в) – волновая распределенная.

- — — — — -1 фаза;
- -2 фаза;
- · - · - · - 3 фаза

Соединение фаз производится, как правило, в «звезду», однако автоматическая намотка провода большого сечения затруднена, поэтому в генераторах повышенной мощности применяют соединение в «треугольник» или две «звезды» параллельно («двойная звезда»). В таблице 3.1 приведены обмоточные данные некоторых типов отечественных генераторов.

Таблица 3.1 - Обмоточные данные генераторов отечественного производства

Тип генератора	Обмотка статора		Обмотка возбуждения		
	Диаметр провода (по меди), мм	Число витков катушки	Диаметр провода (по меди), мм	Число витков	Сопротивление обмотки при 20°C, Ом
Г221А	1,25	10	0,69	500±3	4,3±0,2
Г222	1,0	9	0,71	460±3	3,7±0,2
37.3701	1,0	8,5	0,8	420±6	2,6±0,1
16.3701	1,06	9	0,93	440±10	2,5±0,1
19.3701	1,4	8	0,95	544±5	3,0±0,15
29.3701	1,32	9	0,8	550±3	3,7±0,2
32.3701	1,12	16	0,8	550±3	3,7±0,2
38.3701	1,4	6,5	0,9	490±5	3,1±0,15
581.3701	1,18	14	0,75	464±5	3,7±0,2
582.3701	1,18	13	0,8	390±5	2,7±0,2
Г254	1,32	13	0,8	535±5	3,7±0,2
Г266	1,56	10	0,8	550±3	3,7±0,2
Г286	1,7	14	0,93	550±10	3,7±0,2
Г273	1,18	20	0,8	550±3	3,7±0,2
Г289	1,7	8	0,93	550±10	3,7±0,2
Г263	1,8	11	0,93	580±5	3,4±0,2
955.3701	1,06	38	0,8	340±5	2,3±0,4
Г287-Б	1,45	15	0,83	530±5	3,6±0,2
16.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1
1702.3771	0,95	26	0,63	710±5	8,0±0,2
19.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1
2022.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1
25.3771	1,25	14	0,8	350±5	2,4±0,1

После намотки обмотки пропитываются специальным материалом, повышает их механическую и электрическую прочность, а также снижает нагрев.

Катушечная обмотка возбуждения имеет сопротивление, которое определяется максимально допустимой величиной тока регулятора напряжения, наматывается на каркас или непосредственно на втулку ротора. Полюсные половины 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 по-

ловинами, паразитный зазор всего один. Такое исполнение характерно для генераторов Г222; 37.3701.

У генераторов легковых автомобилей значительную проблему составляет магнитный шум генератора. Для уменьшения этого шума клювы полюсной системы имеют небольшие скосы по краям. Некоторые фирмы применяют специальное немагнитное противозумовое кольцо, расположенное под острыми краями клювов и приваренное к ним. Кольцо не дает клювам приходить в колебание и излучать звук.

Отечественные генераторы оборудованы цилиндрическими медными кольцами, к которым припаяны или приварены концы обмотки возбуждения. В мировой практике встречаются кольца из латуни или нержавеющей стали, что снижает их износ и окисление, особенно во влажной среде. Встречаются также кольца, расположенные по торцу вала.

Щеточные узлы - это пластмассовая конструкция, в которой установлены щетки двух типов - меднографитные и электрографитные. В отечественных генераторах применяются электрографитные щетки ЭГ51А размером 5x8x18мм (генераторы Г222, 37.3701 и др) и меднографитные М1 размером 6x6,5x13 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, но они обеспечивают меньший износ колец.

Выпрямительные узлы, применяющиеся на автомобильных генераторах, разделяются на два типа: либо это пластины - теплоотводы, в которые запрессовываются или к которым припаиваются диоды, а как вариант - в которых герметизированы кремневые переходы, либо это сильно оребренные конструкции, к которым припаиваются диоды таблеточного типа.

Типичный отечественный выпрямительный блок БПВ11-60 генератора 37.3701, блоки генераторов фирм Bosch (Германия), Nippon Denso (Япония), относящиеся к первому типу, а также блок генераторов фирмы Magneti Marelli (Италия) второго типа вместе с применяющимися на них диодами изображены на рисунке 3.12.

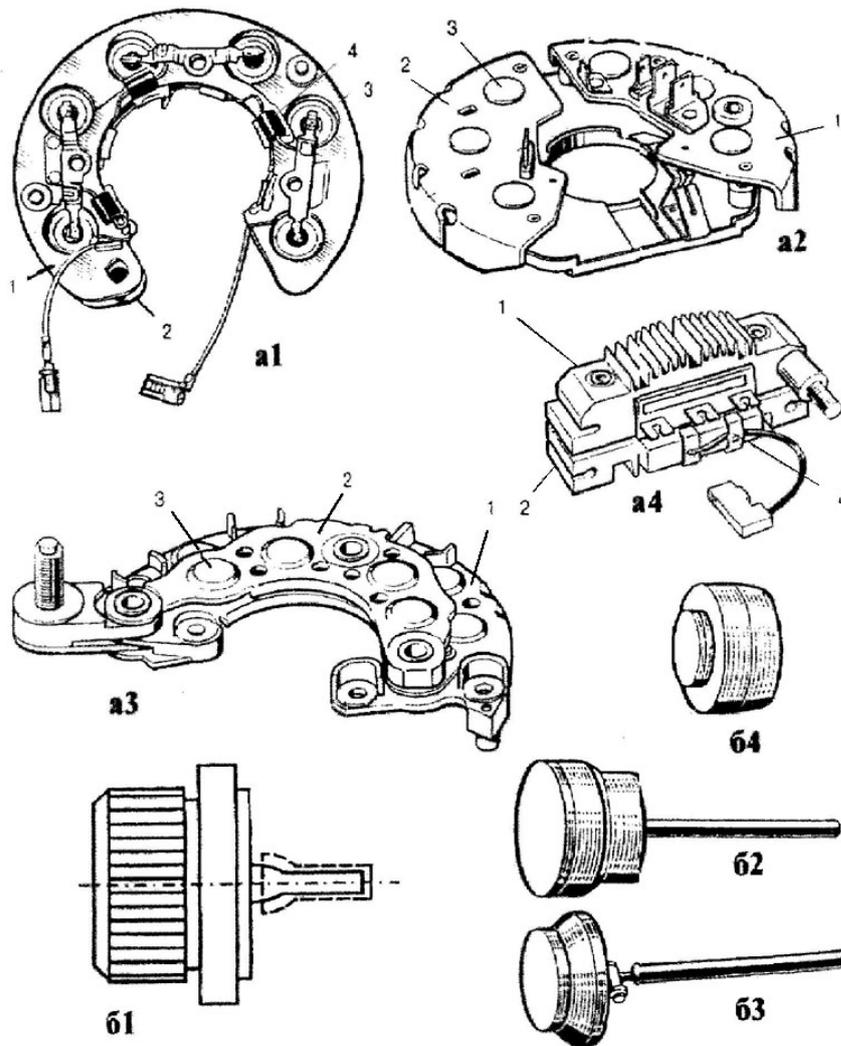


Рисунок 3.12 - Выпрямительные блоки генераторов:

а1, а2, а3, а4 – выпрямительные блоки, соответственно, БПВ 11–60 генератора 37.3701; генератора BOSCH; генераторов Nippon Denso; генераторов Magneti Marelli; 61, 62, 63, 64 – соответственно диоды этих блоков; 1 – положительный теплоотвод; 2 – отрицательный теплоотвод; 3 – диоды основного выпрямителя; 4 – диоды дополнительного выпрямителя.

Выпрямительные блоки отечественных генераторов 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. Стабилитроны применяются в основном там, где на генераторы установлены регуляторы с микросхемой на монокристалле кремния или с использованием полевых транзисторов.

Диоды и стабилитроны 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 значе-

ние максимально допустимого тока через диод, установленный в выпрямителе. Если это происходит, применяют параллельное включение диодов или выпрямителей. В дополнительном выпрямителе устанавливаются диоды на ток 2 А.

Блок БПВ 76-80-02 выполнен для работы в схеме по рисунку 3.6 ж, на силовых стабилитронах и имеет 4 плеча и дополнительный выпрямитель на ток 6 А.

Аналогичный блок БПВ 26-80 имеет 3 плеча на силовых стабилитронах.

В генераторе 25.3771 установлен один защитный стабилитрон.

Подшипниковые узлы генераторов - это, как правило, радиальные шариковые подшипники со встроенными в подшипник уплотнениями и одноразовой закладкой смазки.

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.

Привод генератора осуществляется клиновым ремнем через шкив, установленный на валу ротора. Качество обеспечения питанием потребителей, в том числе зарядка аккумуляторной батареи, зависит от передаточного числа ременной передачи, равном отношению диаметров ручьев шкивов коленчатого вала двигателя и генератора. Чем больше это число, тем больший ток может отдать потребителям генератор. Однако при больших передаточных числах происходит ускоренный износ ремня. Поэтому для клиновидных ремней это число не превышает 2,5 (у автомобилей ВАЗ - 2,04; «Волга» ГАЗ-24 - 2,4; «Москвич» - 1,7; ЗИЛ - 431410 - 1,82).

Характерные неисправности генераторных установок и методы их обнаружения

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

Некачественное соединение между выводами генератора и регулятора напряжения приводит к изменению выходного напряжения системы электропитания. 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 малых оборотах. 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 характеризует исправную генераторную установку.

Характерные неисправности генераторных установок и методы их устранения приведены в таблице 3.2.

Определенную информацию о работоспособности генераторной установки, выполненной по одной из схем рисунка 3.6 (а,в,д,ж,з), т.е. снабженной лампой контроля заряда аккумуляторной установки, можно получить по поведению этой лампы. Прежде всего, конечно, 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 работающем двигателе при включении выключателя зажигания, причиной в схемах рисунка 3.6 а,в 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 15-30В (для генераторных установок дизелей с номинальным напряжением 28В 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 13-15В (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.

Полная диагностика генератора может быть произведена только после его разборки.

Прежде всего, нужно снять с генератора регулятор, который в большин-

стве случаев образует с щеткодержателем единый блок. У большинства типов отечественных генераторов это блок можно снять, отвернув два винта, крепящие кожух регулятора к крышке генератора. 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 прежде всего следует снять пластмассовый защитный кожух, закрепленный на задней крышке. Регулятор напряжения, выполненный в металlostеклянном корпусе, снимается вместе с 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. Исправность катушки возбуждения проверяют омметром, подсоединенным к контактным кольцам.

Диагностика обмотки статора требует специальной аппаратуры. Визуально изоляция провода не должна иметь подгорания и осыпания.

Таблица 3.2 - Неисправности генераторных установок и способы их устранения.

Причина неисправности	Способ устранения
Генераторная установка не обеспечивает заряд аккумуляторной батареи	
Окисление выводов аккумуляторной батареи	Зачистить и смазать выводы
Отказ аккумуляторной батареи	Заменить аккумуляторную батарею
Нарушение проводки между элементами генераторной установки и потребителями	Проверить провода, подтянуть болтовые соединения, проверить надежность штекерных соединений.
Срабатывание предохранителя в цепи регулятора напряжения.	Установить и устранить причину срабатывания. Предохранитель заменить.
Слабое натяжение приводного ремня.	Подтянуть ремень.
Неисправность генератора.	При кратковременном замыкании выводов «Ш» и «+» регулятора напряжения генераторных установок по схеме рисунка б, а, з, («Ш» и «-» установок по схемам рис.б, б, в, г, д, е) амперметр не показывает резкого скачка силы зарядного тока, а вольтметр – напряжения. Генератор снять и отправить в ремонт.
Неисправность регулятора напряжения	Если при выполнении операций предыдущего пункта наблюдается резкий скачок силы зарядного тока и напряжения – регулятор неисправен, его следует заменить или отправить в ремонт.

Работа генераторной установки вызывает перезаряд аккумуляторной батареи	
Отказ элементов транзисторного регулятора напряжения	Регулятор отправить в ремонт или заменить
Повышенное падение напряжения в контактных соединениях цепи между регулятором напряжения и бортовой сетью	Проверить и при необходимости зачистить, подтянуть или заменить контактные соединения в выключателе зажигания, предохранителях, штекерных и винтовых соединениях этой цепи, в том числе соединяющих регулятор напряжения с «массой»

Контрольные вопросы

1. Каково назначение генератора?
2. Как устроен генератор?
3. По каким конструктивным характеристикам различают генераторы?
4. Каково назначение ... (например, полюсов статора, якоря), и какую функцию этот узел (элемент) генератора выполняет?
5. Каков принцип действия генератора?
6. Каковы основные параметры генератора?
7. Каковы основные характеристики генератора?
8. Какие факторы обуславливают выбор генератора для конкретного автомобиля?
9. Как работает генераторная установка?
10. В чем преимущество генератора переменного тока с выпрямителем по сравнению с генератором постоянного тока?
11. Какие основные неисправности могут быть у генератора?
12. Как проводится техническое обслуживание генератора?

Список использованных источников

1. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. – М.: Транспорт, 2000, 320 с.
2. Чижков Ю.П., Акимов А.В. Электрооборудование автомобилей.- М.: За рулем, 1999, 384 с.
3. Акимов С.В., Акимов А.В. Автомобильные генераторные установки.- М.: Транспорт, 1995, 118 с.