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. Обратить 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 уравновешивают 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:

$$Q = I_{\text{р}} \cdot t_{\text{р}},$$

где Q – емкость гальванического элемента, $I_{\text{р}}$ – разрядный ток, А, $t_{\text{р}}$ – 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:

$$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e,$$

а у положительной пластины

$$PbO_2 + 2e + 4H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O.$$

Суммарная реакция при разряде аккумулятора имеет вид:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O.$$

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

При заряде аккумулятора у отрицательной пластины проходит химическая реакция

$$PbSO_4 + 2e \rightarrow Pb + SO_4^{2-},$$

в результате которой сернокислый свинец распадается на ионы Pb^{2+} и SO_4^{2-}. Ион свинца, взаимодействуя с приходящими электронами, превращается в молекулу свинца. Ион SO_4^{2-}, направляясь к положительной пла-

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

Химическая реакция у положительной пластины выглядит следующим образом:

$$PbSO_4 - 2e + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-}.$$

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

$$4H^+ + SO_4^{2-} + SO_4^{2-} = 2H_2SO_4.$$

Суммарная реакция при заряде аккумулятора:

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4$$

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:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \underset{\text{разряд}}{\overset{\text{заряд}}{\leftrightarrows}} 2PbSO_4 + 2H_2O$$

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 ± 5^0С 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 призмы, 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

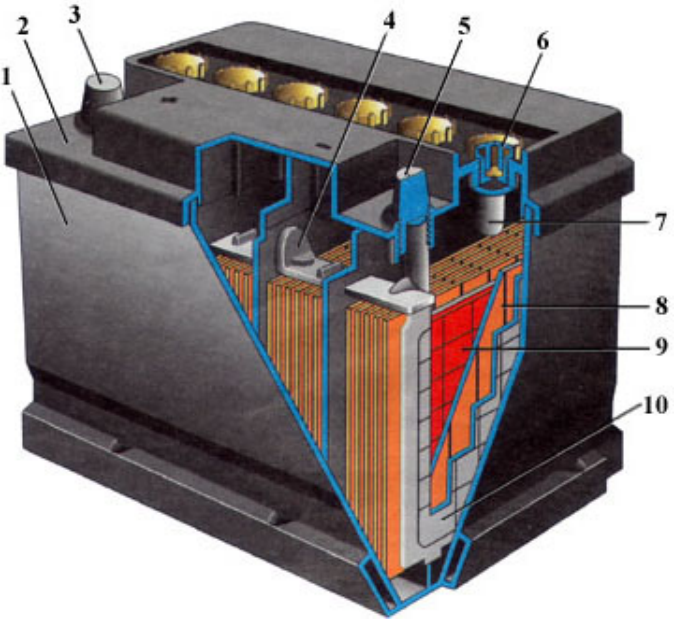
борнов электродного блока и одно резьбовое – для заливки электролита. Резьбовое отверстие закрывается резьбовой пробкой из полиэтилена, имеющей небольшое вентиляционное отверстие, предназначенное для выхода газов во время эксплуатации. В новых сухозаряженных батареях вентиляционное отверстие закрыто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

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

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

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°С.

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. Осыпающаяся 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 малосурьмяниистому 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: $E_б = \sum_{i=1}^{n} E_i \approx nE_i$.

Для практических целей ЭДС может быть определена по эмпирической формуле:

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

где γ_{25} – плотность электролита при температуре +25°С (г/см^3).

Если измерения проводились при температуре, отличной от +25°С, то необходимо привести плотность γ_t к температуре +25°С:

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

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 $R_п$. 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 $R_п$ уменьшаются.

Омическое сопротивление батареи R_0 складывается из сопротивлений электролита $R_э$, сепараторов $R_с$, активной массы $R_м$, решеток $R_р$ и соединительных элементов $R_{сэ}$ мостиков с борнами, межэлементных перемычек помосных выводов):

$$R_0 = R_э + R_с + R_м + R_р + R_{с.э}.$$

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 $C_р$ называется максимальное количество электричества Q_{pmax} , которое аккумулятор может сообщить во внешнюю цепь при разряде от начального напряжения $U_{нач}$ до конечного $U_{кон}$. Обычно разрядная емкость аккумуляторных батарей определяется при постоянном токе разряда $I_р$.

Тогда разрядная емкость определяется выражением:

$$C_р = I_р \cdot t_{кон},$$

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

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

Номинальная разрядная емкость аккумуляторной батареи C_{20} определяется при 20-часовом режиме разряда током $I=0{,}05C_{20}$ при температуре плюс 25°С. 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°С и конечном напряжении 9 В. Ток стартерного разряда по стандарту DIN определяется при тех же условиях, но при минимальной продолжительности стартерного разряда, равной 30 секундам (30 секундный режим разряда). По стандарту SAE ток стартерного разряда определяется подобно стандарту DIN, но конечное напряжение батареи должно быть не менее 7,2 В. Для сравнения показателей стартерного разряда аккумуляторных батарей ориентировочно можно считать, что ток холодной прокрутки по SAE в 1,6-1,7 раза больше тока стартерного разряда по DIN.

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 *энергозапас* аккумуляторной батареи $W_р$, под которым понимается максимальное количество энергии, выделяемое во внешней цепи за время $t_{кон}$. При постоянном разрядном токе:

$$W_р = \overline{U}_р I_р t_{кон} = \overline{U}_р C_р,$$

где $\overline{U}_р$ – среднее значение напряжения $U_р$ 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 Пейкерта:

$$I_{\text{р}}^{n} t_{\text{кон}} = k\,,$$

где n, k – постоянные для данного типа батареи (n = 1,2...1,7), $t_{\text{р}}$.– время разряда.

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

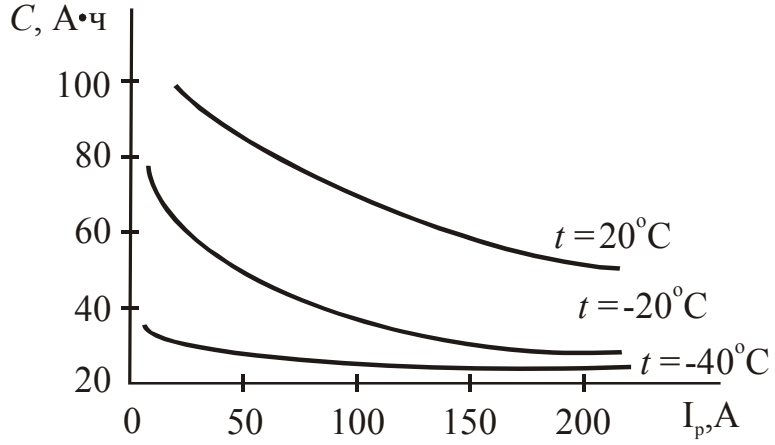


Рисунок 1.2 -Зависимость емкости батареи от разрядного тока

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.

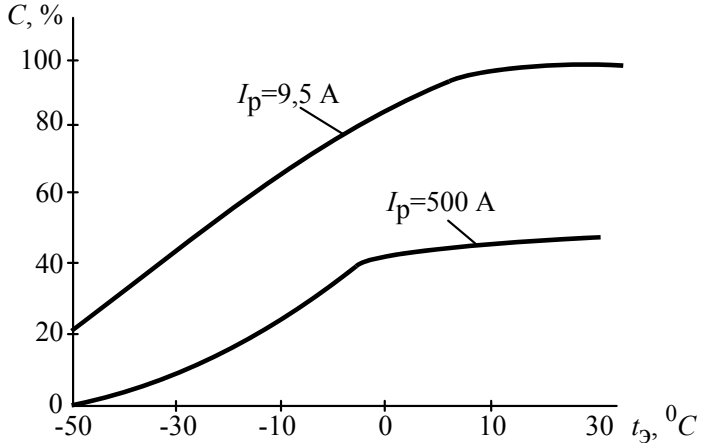


Рисунок 1.3 - Зависимость емкости АКБ от температуры электролита при различных токах разряда

Так как емкость аккумуляторной батареи зависит от температуры, то

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

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

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

При известной начальной плотности электролита $\gamma_э$ степень разряженности определяется по формуле:

$$\Delta C_р = \frac{\gamma_Э - \gamma_{25}}{0{,}16} 100\ \%,$$

где γ_{25} – плотность электролита при температуре плюс 25°С (плотности $\gamma_э$ и γ_{25} измерены в г/см^3).

Подготовка аккумуляторной батареи к эксплуатации

Существует два способа приготовления электролита. 1 способ: концентрированная серная кислота плотностью 1,83 г/см^3 добавляется в дистиллированную воду (но не наоборот). 2 способ: электролит плотностью 1,40 г/см^3 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 ± 0,01 г/см^3, в районах с холодным климатом (со средней месячной температурой в январе минус 30...минус 15 °С) плотность электролита должна быть равна 1,28 ± 0,01 г/см^3.

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

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 коробления последних при заряде большими токами, замерзании электролита и т.п.; 2) наличие в аккумуляторном электролите примесей веществ, которые, осаждаясь 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°С. Максимальный срок хранения сухих батарей – три года. Заряженные батареи с электролитом хранятся по возможности при температуре не выше 0°С. Минимальная температура их хранения: минус 30 ^{0}С. При чрезмерно низких температурах электролит может замерзнуть. При плотности электролита γ_{25}=1,31 г/см^3 электролит замерзает при температуре ниже минус 40°С, при γ_{25}=1,27 г/см^3 электролит замерзает при температуре до минус 30°С. 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 питьевой 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 изготовляются 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 приготовляется 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., Чикскоv Ю.П. Стартерные аккумуляторные батареи. – М.: Фонд: За экономическую грамотность, 1997.