

Повышение ресурса и энергоотдачи

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Преобразование химической энергии в электрическую осуществляется так называемыми ХИТ — химическими источниками тока. ХИТ бывают первичные — химические элементы однократного действия, и вторичные — это и есть аккумуляторы.

**Виталий Скворцов, к. т. н.
Вячеслав Башкиров**

Вторичные ХИТ, или аккумуляторы, предназначены для многократного использования, после разряда их можно зарядить, пропуская электрический ток в обратном направлении. При разряде аккумулятор работает как первичный ХИТ, при этом происходит преобразование химической энергии исходных активных веществ в электрическую энергию. При заряде аккумулятора электрическая энергия, поступающая от внешнего источника, превращается в химическую энергию, а, соответственно, продукты разряда — в исходные активные вещества. В процессе разряда изменяется состав активных веществ, содержащихся в аккумуляторе, поэтому изменяется и напряжение на его выводах. На рис. 1 приведена обобщенная разрядная кривая аккумулятора, где показана зависимость выходного напряжения аккумулятора от времени разряда при заданном токе разряда.

Один из главных параметров вторичных ХИТ — их емкость (обозначение C). Емкость аккумулятора — это количество электричества, отдаваемое аккумулятором при его разряде до достижения им конечного напряжения ($U_{\text{кон}}$), оно определяется как произведение разрядного тока и времени разряда. Номинальная емкость — та емкость, которую должен отдать све-

изготовленный и полностью заряженный аккумулятор в нормальных условиях разряда, указанных в стандарте на данный тип аккумуляторов, при постоянном токе разряда. С увеличением тока разряда измеряемое значение емкости аккумулятора уменьшается, причем емкость аккумуляторов не остается постоянной в течение всего срока их службы.

Емкость зависит от количества активных веществ, температуры, режима разряда и многих других факторов. Зависимость емкости от температуры имеет сложный характер, с уменьшением температуры при разряде емкость ХИТ обычно снижается. При превышении температуры также наблюдается снижение емкости, что обычно обусловлено ускорением побочных реакций саморазряда. Кроме потерь энергии и расхода реагентов, тепловые токи саморазряда приводят к неравномерности работы отдельных аккумуляторных элементов и, соответственно, к сокращению срока службы элементов, работающих при более высокой температурной нагрузке. Поскольку конкретное значение емкости зависит от тока разряда, конечного напряжения и температуры, то в условном обозначении аккумулятора указывают емкость, соответствующую определенному разрядному режиму и температуре. В процессе эксплуатации емкость некоторое время держится стабильно, а потом начинает постепенно уменьшаться вследствие старения активных масс аккумулятора.

Таким образом, при заряде в аккумуляторе в виде химической энергии накапливается электрическая энергия от внешнего источника; при разряде она возвращается потребителю. Большинство аккумуляторов допускает проведение большого числа таких циклов заряда-разряда (сотни и тысячи), а общая длительность их работы велика, хотя и является прерывистой (циклической).

По конструкции аккумуляторы бывают негерметичные, герметизированные и герметичные. Каждая конструкция формирует свои специфические требования к эксплуатации аккумуляторов конкретного типа.

Эксплуатация аккумуляторов, как правило, связана именно с проведением определенного количества циклов заряд-разряд. Периодический заряд и последую-

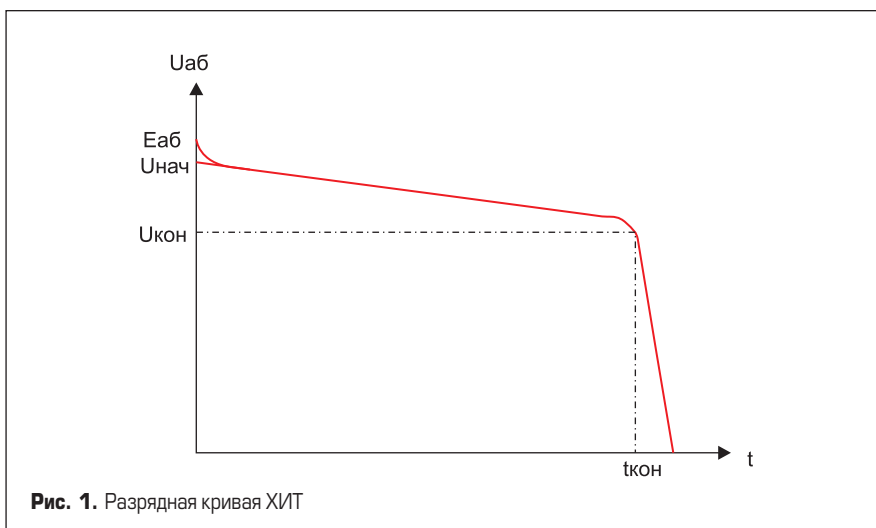


Рис. 1. Разрядная кривая ХИТ

щий разряд аккумуляторов называют «циклирование аккумуляторов». Следует отметить, что циклы бывают рабочими и технологическими.

Срок службы (срок эксплуатации) аккумулятора характеризуется количеством циклов заряда-разряда, которые он выдерживает в процессе эксплуатации без значительного снижения своих основных параметров, таких как емкость, величина саморазряда и внутреннего сопротивления. Кроме того, срок службы определяется временем, прошедшим со дня изготовления. Аккумулятор, как правило, считается вышедшим из строя после уменьшения его емкости до 60–80% от номинального значения. Срок службы аккумулятора зависит от различных факторов: от электрохимической системы, от методов заряда и глубины разряда, от условий эксплуатации и процедуры обслуживания. Химические изменения, приводящие к сокращению срока службы, начинаются сразу же после выпуска аккумулятора на заводе. Эти изменения ускоряются при использовании высоких значений как тока заряда, так и тока разряда, что приводит к росту температуры процесса и необратимым потерям емкости. Конечно, при эксплуатации аккумуляторов потери емкости неизбежны, но их можно снизить до минимума при соблюдении определенных правил при заряде, разряде и просто хранении источника тока.

Напряжение отдельного аккумуляторного элемента невысокое, в зависимости от используемой электрохимической системы оно колеблется в пределах 0,5–4 В. И тогда, когда требуются другое, более высокое напряжение или больший ток, используются разнообразные схемы соединения аккумуляторов. Когда аккумуляторы объединены в одну из таких схем, их называют аккумуляторной батареей (АБ). Широкое распространение получили аккумуляторы с выходными напряжениями 1,2 и 2,1 В; по электрохимическим системам это никель-кадмиевые и свинцово-кислотные аккумуляторы, из которых и собирают батареи.

Наибольшее распространение имеют схемы соединения аккумуляторов, приведенные на рис. 2–4.

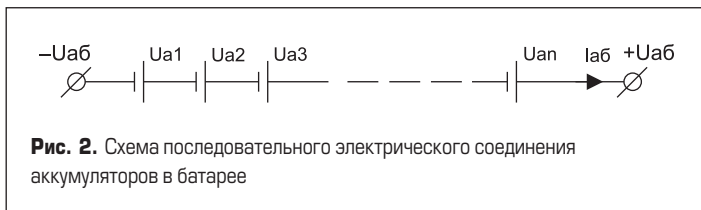


Рис. 2. Схема последовательного электрического соединения аккумуляторов в батарее

Для обеспечения необходимых токов или напряжений в системах электропитания (СЭП) единичные аккумуляторы подходят редко, так как их напряжение определяется электрохимической системой и видом химической реакции. Схема электрического соединения аккумуляторов в батарее и их тип определяются напряжением, мощностью или требованиями по надежности. Если напряжения элемента недостаточно, несколько элементов соединяют в батарею. Чаще всего используют последовательное соединение, при котором соединяются разноименные полюса (минус к плюсу), как видно на рис. 2. При этом напряжение и ЭДС суммируются:

$$U_{бат} = \sum_i U_i \text{ или } E = \sum_i E_i \text{ или } U_{бат} = n U_3$$

Общая емкость батареи из n последовательно включенных элементов равна емкости одного элемента:

$$C_{бат} = C_3.$$

Энергия, запасаемая в батарее, возрастает с ростом количества элементов в n раз:

$$W_{бат} = U_{бат} C_3 = n U_3 C_3.$$

Разность потенциалов возникает на границе раздела электрод-электролит. В единичном ХИТ таких границ две, поэтому их напряжения алгебраически суммируются. При последовательном включении нескольких ячеек все границы раздела электрод-электролит включаются друг за другом, и в сумму нужно алгебраически включать все эти границы. Количество элементов не ограничено. Например, в 1803 году был изготовлен Вольтов столб из 2100 элементов!

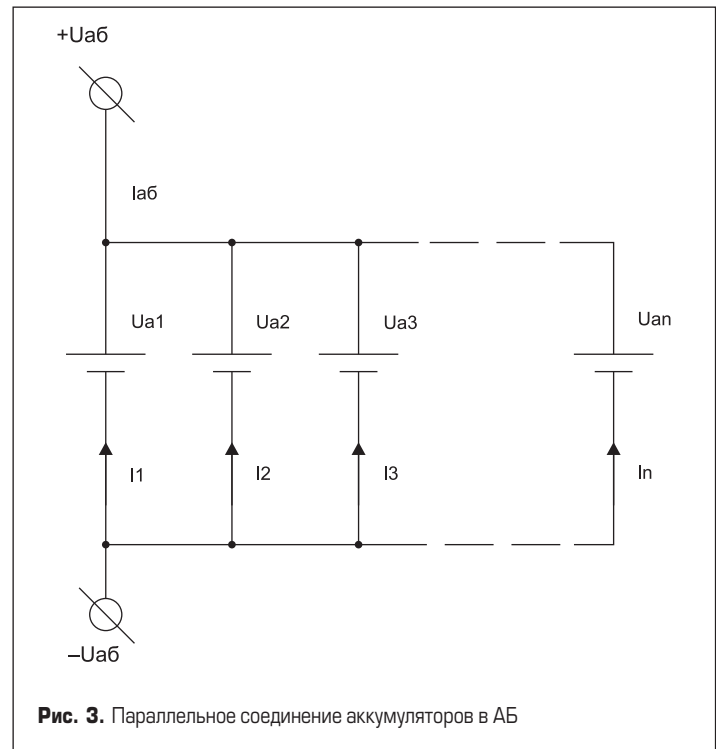


Рис. 3. Параллельное соединение аккумуляторов в АБ

Параллельное соединение (рис. 3) применяется для увеличения силы тока, что требуется реже, поскольку этого можно добиться, используя более крупные ХИТ. При параллельном соединении допустимо соединять вместе только одинаковые полюса (плюс к плюсу, минус к минусу). Здесь тем более все элементы должны быть одинаковыми, чтобы исключить взаимное шунтирование. При этом суммируются емкость и энергия, а общее напряжение равно напряжению единичного элемента:

$$U_{бат} = U_3; C = n C_3; W_{бат} = n W_3.$$

Наконец, возможна комбинированная коммутация (рис. 4). В этой схеме применяется и параллельное, и последовательное соединение аккумуляторов.

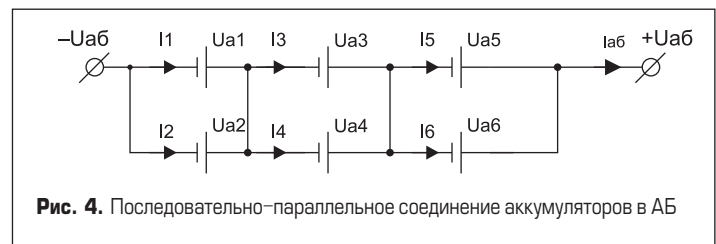


Рис. 4. Последовательно-параллельное соединение аккумуляторов в АБ

Эта схема содержит недостатки обеих схем.

Как правило, в автономных СЭП используют последовательное соединение аккумуляторов в батарее, поскольку оно создает меньше всего разнообразных проблем при их эксплуатации, если не брать в расчет надежность последовательного соединения.

Однако при переходе к группам из объединенных аккумуляторов, то есть батареям, положение осложняется неидентичностью характеристик аккумуляторов, включенных в последовательную цепь. Как правило, в батарее должны быть только одинаковые аккумуляторы — одной и той же электрохимической системы одинакового типоразмера, конструктивного и технологического исполнения, одинаковых емкостей и других одинаковых параметров. Но и в этом случае причиной выхода батареи из строя обычно является нефункционирование одного из последовательных элементов. Согласно теории вероятности, надежность многоэлементных батарей (последовательного соединения) падает с ростом числа аккумуляторов в батарее.

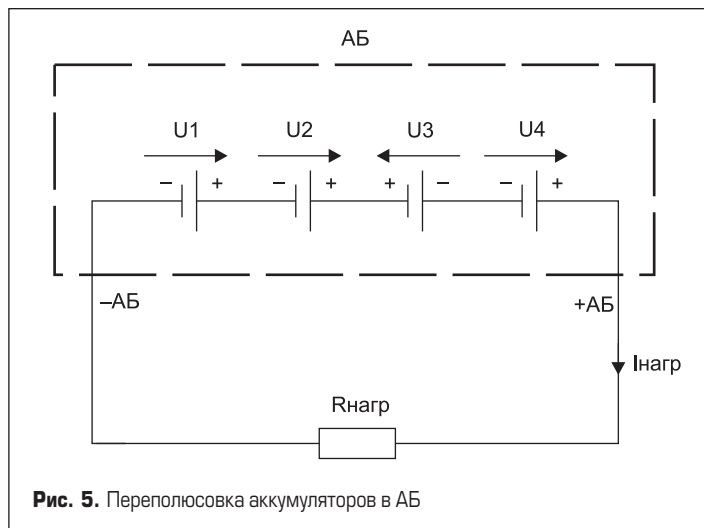
Сложность технологического процесса изготовления аккумуляторов приводит к колебаниям фактической емкости и других параметров отдельных элементов. В технической документации гарантируется нижний

предел емкости без ограничения ее верхнего значения. У различных типов аккумуляторов превышение фактической емкости над гарантированной может достигать 20–30% от номинального значения. Несмотря на контроль изготовителя, наблюдается и разброс характеристик, вызванный технологическими допусками. Однако разброс характеристик аккумуляторов может также возрастать как при их хранении, так и при эксплуатации.

С ростом рабочей температуры ускоряются нежелательные химические и физические процессы в активных массах аккумуляторов, поэтому для каждого типа ХИТ существует максимально допустимая температура и соответствующий ей критический ток, значение которого необходимо снижать с ростом температуры окружающей среды.

Из всего изложенного следует, что для стабильной работы батареи и для обеспечения длительного циклирования необходим дополнительный подбор аккумуляторов по их основным характеристикам — в таком случае этот процесс называют комплектованием батареи.

Однако при глубоких разрядах, независимо от критериев комплектования и используемого режима, различие параметров по аккумуляторам приводит к тому, что при разряде один из элементов может разрядиться ранее других, а при дальнейшем протекании тока происходит перезаряд этого элемента и изменение полярности электродов, то есть переплюсовка. В таком случае данный элемент начинает работать не в режиме разряда, а в режиме обратного заряда (рис. 5), с протеканием побочных электрохимических реакций, что сокращает срок службы и приводит к снижению фактической мощности батареи.



Переплюсовка аккумуляторов в процессе эксплуатации и технического обслуживания недопустима, так как вызывает существенное снижение их ресурса или даже полный выход из строя. Возникновение переплюсовки поясняется на рис. 5, где в качестве примера показана переплюсовка аккумулятора U_3 под действием общего тока нагрузки.

В связи с наличием несимметрии параметров эксплуатация герметичных аккумуляторов в составе батареи требует обязательного контроля напряжения батареи при ее разряде, а автоматического отключения от нагрузки при снижении напряжения до определенного уровня. Однако при большом числе аккумуляторов в батарее защита от переплюсовки отдельных аккумуляторов путем предотвращения разряда по достижении напряжением нижнего предела (по батарее) оказывается неэффективной.

Увеличение несимметрии по аккумуляторам может быть вызвано также и зарядом АБ. При начале заряда аккумуляторной батареи отдельные аккумуляторы могут быть едва заряженными, а другие — иметь значительный заряд из-за разброса параметров аккумуляторов. В связи с этим при длительном циклировании АБ разброс по значениям накопленной энергии аккумуляторами батареи может возрастать.

В процессе эксплуатации АБ необходимо проводить обязательные регламентные работы, без выполнения которых о ресурсе и максимальной энергоотдаче не может быть и речи. К таким работам следует отнести заряд (подготовительный к работе), контролируемый разряд (обеспечение нагрузки электрической энергией при соблюдении ряда обязательных параметров), контрольно-тренировочные циклы (КТЦ) и дополнительные технологические работы.

Если в процессе эксплуатации требуется высокая надежность аккумуляторной батареи, то в ней проводится поэлементный контроль основных параметров аккумуляторов. Чтобы уменьшить влияние несимметрии элементов аккумуляторной батареи (аккумуляторов) по их электрохимическим характеристикам и неравномерной деградации их характеристик в процессе эксплуатации, необходимо периодически осуществлять как бы выравнивание элементов по их запасаемой энергии. Потребность в выравнивании элементов аккумуляторной батареи по запасаемой энергии обусловлена различными коэффициентами использования зарядного и разрядного токов аккумулятора, которые зависят от многих свойств материалов, применяемых при производстве, и от технологического разброса по параметрам самих аккумуляторов. Поэтому существует метод, позволяющий выравнивать элементы аккумуляторной батареи: на определенный момент времени необходимо аккумуляторы, которые уже зарядились, не заряжать, а не совсем заряженные аккумуляторы — заряжать. Такой метод выравнивания при заряде носит название «выравнивание сверху». Подобное выравнивание можно осуществить только в аккумуляторных батареях, где элементы не критичны к некоторому перезаряду. К таким системам относятся негерметичные свинцово-кислотные и железо-никелевые батареи. Для ликвидации возникшего в процессе многократного циклирования разброса параметров аккумуляторов в батарее из негерметичных элементов проводят так называемые уравнивательные заряды. В процессе перезаряда отдельных элементов в них происходит разложение воды электролита на водород и кислород, с последующей вентиляцией рабочих объемов через дренажные отверстия в атмосферу.

По окончании технологического процесса выравнивания проводится долив дистиллированной воды в электролит тех элементов батареи, где он понизился. Такой метод дозаряда отдельных аккумуляторов позволяет сообщить всем аккумуляторам необходимое количество энергии и тем самым максимально возможно выравнивать элементы батареи по запасаемой энергии. Следует отметить, что без использования методов выравнивания разбаланс аккумуляторов по степени заряженности может достигать 50%.

В батарее из герметичных аккумуляторов подобная операция неосуществима. При перезаряде герметичных аккумуляторов газы из разлагающегося электролита не имеют возможности выделяться в атмосферу, и под их воздействием происходит рост давления внутри аккумуляторов, что способно привести к нарушению целостности корпуса и, соответственно, выходу из строя аккумулятора.

На современном этапе создания и эксплуатации систем электропитания автономных объектов практически единственным источником электрической энергии является электрическая аккумуляторная батарея, причем ресурс работы объекта (при отсутствии возможности замены аккумуляторов) напрямую связан со сроком службы АБ. В связи с этим наиболее остро стоит вопрос повышения срока службы АБ, являющейся в настоящее время наименее надежным элементом системы электропитания автономных объектов. Поэтому задача повышения ресурса АБ решается как разработкой новых аккумуляторов и прогрессивных технологий их изготовления, так и путем создания новых способов эксплуатации АБ и технических средств их реализации.

Широкое применение в СЭП автономных объектов находят герметичные никель-кадмиевые и никель-водородные аккумуляторы. Герметичность аккумуляторов требует при их компоновке в батарею соблюдения определенных условий, которые предъявляются как к конструкции батареи, так и к технологии сборки и эксплуатации. А использование герметичных аккумуляторов предполагает обеспечение условий их герметичности, заключающихся в том, что избыточное газовыделение в процессе эксплуатации аккумуляторов либо исключается, либо выделяющиеся газы поглощаются внутри аккумулятора.

Ряд систем герметичных аккумуляторов обладает не совсем хорошим свойством, именуемым «эффект памяти». Эффект памяти — это обратимая потеря емкости аккумулятора, связанная с неблагоприятными условиями эксплуатации. Он развивается вследствие заряда не полностью разряженных аккумуляторов и характерен только для аккумуляторов на основе никеля. Таким образом, элемент «запоминает» предыдущую величину разряда и в дальнейшем не отдает своей номинальной емкости, что приводит к снижению разрядной емкости и, следовательно, срока службы аккумулятора. Сильнее всего эффект памяти проявляется именно в герметичных никель-кадмиевых аккумуляторах. Дело в том, что в аккумуляторах

на основе никеля рабочее вещество находится в виде мелких кристаллов, обеспечивая максимальную площадь соприкосновения с электролитом. С каждым циклом заряда-разряда рабочее вещество постепенно изменяет свою структуру, сокращая при этом площадь активной поверхности. Как следствие, снижается напряжение и уменьшается емкость. При неблагоприятных условиях эксплуатации кристаллы укрупняются до размеров, в 150 раз превосходящих первоначальные. В некоторых случаях острые грани кристаллов прокалывают сепаратор, вызывая высокий саморазряд или короткое замыкание внутри структуры аккумулятора.

Для предотвращения эффекта памяти необходимо проводить тренировку аккумулятора. Тренировка — это периодические (3–4 раза) циклы заряда и последующего разряда аккумулятора до напряжения глубокого разряда.

Глубокий разряд никель-кадмиевого аккумулятора (до напряжения 0,4–0,5 В), в процессе которого происходит уменьшение размера зерен активной массы, способствует восстановлению емкости аккумулятора и «сбросу» зафиксированного уровня. Таким образом, глубокий периодический разряд является лечебно-профилактическим средством, благотворно сказывающимся на «здоровье» аккумулятора.

Однако при проведении глубоких разрядов не следует забывать о возможной переплюсовке отдельных аккумуляторов в батарее.

В герметичных АБ, в частности выполненных из никель-кадмиевых аккумуляторов, используют «выравнивание снизу».

Этот метод заключается в разряде всех аккумуляторов батареи до нулевого напряжения, то есть проводится симметрирование аккумуляторов по нулевому значению напряжения, а соответственно, и емкости. Для этого в батареях из герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов рекомендуется предусматривать выводы от каждого аккумулятора по схеме, представленной на рис. 6.

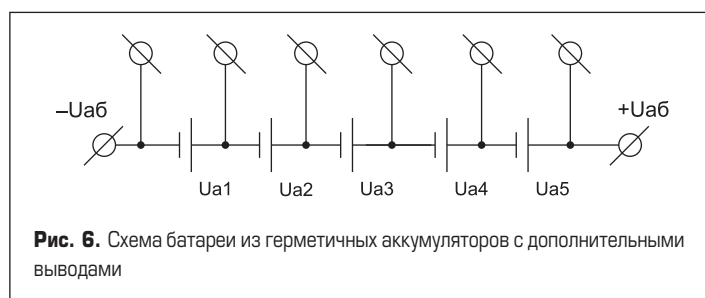


Рис. 6. Схема батареи из герметичных аккумуляторов с дополнительными выводами

При использовании этих выводов осуществляется поэлементный доразряд и контроль напряжения аккумуляторов. В промышленно изготавливаемых АБ таких выводов нет, хотя они очень нужны для нормального технологического обслуживания батарей из герметичных аккумуляторов.

Поэлементный доразряд аккумуляторов батареи на отдельные резисторы по схеме «чет-нечет» проводится во избежание переплюсовки отдельных аккумуляторов, из-за возникновения частных контуров. По данной схеме обеспечивается достаточно полное восстановление характеристик аккумуляторов по уровню их заряженности и снятие эффекта памяти.

Критерии оценки состояния аккумуляторов и аккумуляторных батарей

В процессе эксплуатации и технологического обслуживания аккумуляторных батарей остро стоит вопрос получения достоверной информации о состоянии аккумуляторов, составляющих батарею. Как правило, в СЭП автономных объектов в качестве основного критерия оценки состояния АБ используется напряжение на зажимах аккумуляторов, а также давление газа внутри аккумуляторов и их энергетическая емкость.

Напряжение аккумулятора — это разность потенциалов между выводами аккумулятора при разряде ($U_{аб}$). Конечное напряжение аккумулятора — это заданное напряжение, ниже которого аккумулятор считается разряженным ($U_{кон}$). Особенно важно определение состояния полной разряженности и полной заряженности аккумуляторов при эксплуатации герметичных АБ.

Предпосылкой для использования напряжения аккумулятора для контроля является наличие функциональной зависимости конечного разрядного

или разрядного напряжения от величины сообщенной или снятой емкости (рис. 1), а также простота реализации этого метода контроля. Однако отсутствие явно выраженной связи напряжения конца заряда с сообщенной емкостью и зависимость его от условий эксплуатации могут привести (при использовании напряжения в качестве основного критерия окончания заряда) либо к недозаряду, либо к перезаряду, либо к неконтролируемому газовыделению. Следует отметить, что в конце эксплуатационного ресурса батареи снижение напряжения разряда аккумуляторов батареи происходит неравномерно, что необходимо учитывать при использовании герметичных аккумуляторов и батарей. Сказанное не распространяется на применение напряжения как индикатора конца разряда. Для всех типов аккумуляторов минимально допустимая величина напряжения при разряде является достоверным критерием окончания разряда.

При многократном циклировании повышение надежности работы аккумуляторных батарей может обеспечиваться ограничением сообщаемой им энергии. Такое ограничение позволяет исключить возможность газовыделения в процессе заряда. Однако способ заряда с контролем сообщаемой емкости предполагает известное и одинаковое исходное состояние всех аккумуляторов в батарее. Перед началом зарядного цикла величину остаточной емкости на практике трудно реализовать, не используя выравнивания аккумуляторов батареи.

Более надежным и объективным критерием заряженности герметичных батарей может быть величина температуры аккумулятора в процессе заряда.

Одним из достоверных критериев оценки степени заряженности также может служить и газовыделение в аккумуляторе. В основу устройств контроля заряда по газовыделению положены датчики расхода газа, скорости газовыделения, давления. Причем в зависимости от состава электролита, зарядного режима и температуры рост давления в аккумуляторе может происходить различно, однако во всех случаях при давлениях, превышающих определенный уровень (для каждого типа аккумулятора), можно говорить о практически максимальном уровне заряда аккумулятора. Следует отметить, что при использовании в качестве критерия такого параметра, как «давление газа внутри аккумулятора», датчиком давления должен быть укомплектован каждый элемент аккумуляторной батареи, что не всегда возможно.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что наиболее достоверным критерием разряженности аккумулятора любого типа служит напряжение, а единого эффективного критерия заряженности для разных типов аккумуляторов нет.

Заряд аккумуляторных батарей

Режим заряда — это совокупность условий, при которых производится заряд аккумуляторной батареи. Ток заряда — это ток, протекающий через аккумулятор при заряде от внешнего источника.

В современных устройствах заряда АБ может поддерживаться в выходных цепях либо постоянный ток заряда, либо постоянное напряжение заряда. Соответственно применяют два основных способа заряда аккумуляторов: при постоянном токе и при постоянном напряжении. Часто используются разнообразные комбинации обоих способов.

При заряде аккумулятора напряжение на зажимах тем выше, чем выше ток заряда. Заряд проводят, как правило, до определенного конечного напряжения заряда. При этом основное достоинство заряда при постоянном токе — возможность заряда батареи до полной номинальной емкости. Основной недостаток такого способа — обильное газовыделение в конце заряда АБ.

Во время заряда плотность электролита в аккумуляторах повышается постепенно, и только концу заряда она принимает постоянное значение. В это время напряжение на аккумуляторах медленно возрастает и начинается газовыделение — разложение электролита. Напряжение на элементах в конце заряда свинцово-кислотных аккумуляторов может достигать 2,6 В, в зависимости от разнообразных условий.

При заряде возникает проблема определения конца заряда как батареи в целом, так и отдельных аккумуляторов. Правильное определение окончания заряда является непременным условием обеспечения длительной работы аккумуляторов. При использовании негерметичных аккумуляторов есть возможность некоторого перезаряда, поэтому заряд батареи выполняют до тех пор, пока напряжение на аккумуляторах и плотность электролита

не будут постоянными в течение 2 ч, при этом происходит обильное газо-выделение, но температура электролита не должна быть более +45 °С. Такой критерий окончания заряда негерметичных аккумуляторов не предъявляет особых требований к устройствам заряда и устройствам контроля.

В ряде случаев для ускорения процесса заряда используют разнообразные форсированные токи, однако такой режим усложняет структуру зарядного устройства, поскольку необходимо применять специальные методы контроля состояния аккумуляторов. Но всегда надо помнить, что методы ускоренных зарядов сокращают срок жизни электрохимической системы любого аккумулятора. Для достижения максимального срока службы аккумулятора оптимальным является режим 10-ч заряда.

При заряде аккумулятора выделение тепла происходит в течение всего технологического процесса, однако в начале заряда, когда не протекают побочные процессы, тепловой поток ниже. Затем часть энергии начинает расходоваться на побочные электрохимические процессы, чаще всего на разложение воды электролита, что вызывает рост его температуры. Неограниченный рост температуры аккумуляторов сокращает срок их службы.

Заряд герметичных аккумуляторов обычно проводится при постоянном токе, при этом сообщается количество электрической энергии, составляющее 105–150% номинальной емкости. Нормированный ток заряда обычно достигает 0,1–0,3 С. Важным условием эксплуатации герметичных аккумуляторных батарей является отсутствие больших перезарядов и глубоких разрядов с переполосовкой аккумуляторов, так как при перезаряде и переполосовке герметичных аккумуляторов газ из разлагающегося электролита не имеет возможности выделяться в атмосферу.

Разряд аккумуляторных батарей

Режим разряда — это совокупность условий, при которых происходит разряд аккумуляторов батареи на подключенную к ней нагрузку, а саморазряд — это потеря емкости аккумуляторов (накопленной энергии при заряде), вызванная протеканием в них самопроизвольных процессов.

Ток разряда — это ток, отдаваемый аккумулятором во внешнюю цепь при разряде. Для характеристики режима разряда часто пользуются понятием «нормированный разрядный ток».

Отдача по емкости — это отношение количества электричества, отдаваемого аккумулятором при разряде, к количеству электричества, необходимого для заряда аккумулятора до первоначального состояния, при определенных условиях. Экспериментально определено, что отдача по емкости у кислотных аккумуляторов в среднем равна 65%, а у щелочных аккумуляторов — 60%.

Наибольшие сложности при обеспечении надежной эксплуатации АБ возникают из-за того, что в батареях для получения требуемого рабочего напряжения большое количество аккумуляторов соединяется

в последовательную цепь, и при отказе любого из них выходит из строя вся батарея. Каждый из последовательно соединенных аккумуляторов отдельных электрохимических устройств является составным элементом аккумуляторной батареи. Основной причиной выхода из строя АБ, без учета брака, допущенного при ее изготовлении, является неидентичность характеристик ее отдельных элементов, которая может значительно возрастать в процессе эксплуатации.

Важной задачей для повышения энергоотдачи аккумуляторных батарей становится снижение их минимального разрядного напряжения, причем эта величина устанавливается на основании опытной эксплуатации и вероятностного разброса характеристик аккумуляторов такой, что в процессе разряда ни один из элементов батареи не достигнет нулевого значения, ни, тем более, не переполосует. Такие требования способны обеспечить батареи, в которых аккумуляторы максимально близки по своим параметрам друг другу в течение заданного периода работы.

Практические рекомендации по повышению энергоотдачи и увеличению срока службы аккумуляторных батарей

Все рекомендации можно разделить на две группы.

1. Рекомендации для негерметичных аккумуляторных батарей (свинцово-кислотные аккумуляторы)

Эту группу проще рассмотреть на примере аккумуляторной батареи для автомобиля.

Автомобильный аккумулятор (аккумуляторная батарея) состоит из шести свинцово-кислотных аккумуляторов, собранных в общем корпусе, и имеет на выводных клеммах напряжение 12–12,6 В (без нагрузки).

Тренировочный разряд проводят током, численно равным 0,1 С, до напряжения на выводных клеммах 9–10 В.

Зарядное устройство должно быть способно осуществлять заряд батареи, желательно неизменным током, при ее напряжении (2,6 В × 6 аккумуляторов = 15,6 В), превышающем 16 В, при токе заряда 0,1 С.

После проведения операции выравнивания в батарее необходимо иметь доступ для долива дистиллированной воды в каждый из аккумуляторов.

Следует хотя бы раз (а лучше два раза) в год проводить контрольно-тренировочные циклы технологического обслуживания батареи с заключительным выравнивающим зарядом.

Критерием окончания выравнивающего заряда является два часа «кипения» электролита в последнем из аккумуляторов, достигшем этого состояния.

2. Рекомендации для герметичных аккумуляторных батарей (никель-кадмиевые аккумуляторы)

Необходимо обеспечить доступ ко всем аккумуляторам батареи в соответствии с рис. 6.

Контроль окончания заряда проводить до достижения любым аккумулятором напряжения 1,45 В, при использовании цепей поэлементного контроля (рис. 6).

Возможно определять момент окончания заряда по достижении предельной температуры батареи +45 °С.

Выравнивание аккумуляторов по емкости и снятие эффекта «памяти» проводить поэлементным доразрядом до нулевого напряжения, по схеме рис. 7, применяя метод «чет-нечет» и ток доразряда 0,02 С.

При проведении контрольно-тренировочных циклов использовать значения токов заряда и разряда, близких к 0,1 С.

При проведении контрольно-тренировочных циклов использовать указанные методы контроля аккумуляторов.

Соблюдать сроки проведения технологического обслуживания.

Литература

- Багоцкий В. С., Скундин А. М. Химические источники тока. М: Энергоиздат, 1981.
- Химические источники тока. Справочник под ред. Коровина Н. В. и Скундина А. М. М: МЭИ, 2003.
- Теньковцев В. В., Центр Б. И. Основы теории и эксплуатации герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов. Л.: Энергоатомиздат, 1985.

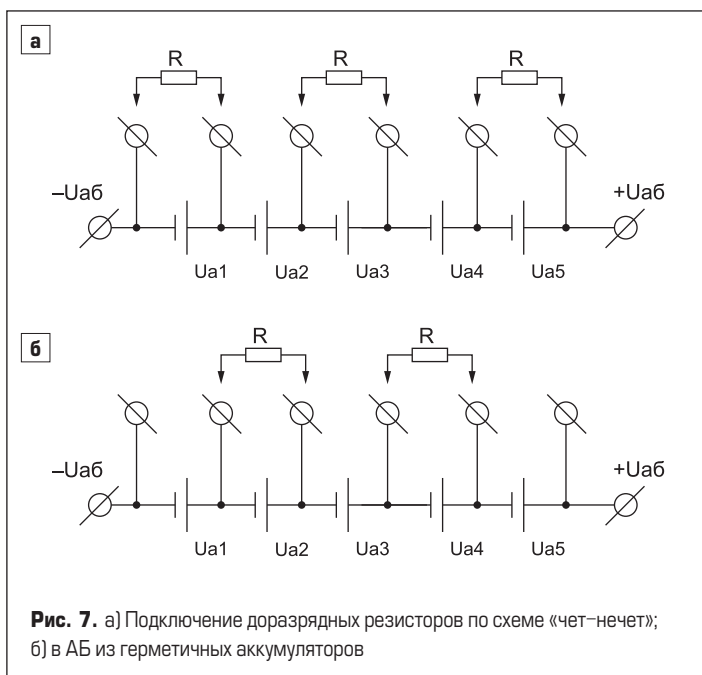


Рис. 7. а) Подключение доразрядных резисторов по схеме «чет-нечет»; б) в АБ из герметичных аккумуляторов