

**Н. Е. СЕРГИЕНКО**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»;  
**А. Н. СЕРГИЕНКО**, преподаватель-стажер, НТУ «ХПИ»;  
**Н. Е. ОВЕРКО**, старший преподаватель, НТУ «ХПИ»;  
**А. Н. МАРЕНИЧ**, ассистент НТУ «ХПИ»

## **ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ЗАРЯДА СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ИХ СОСТОЯНИЕ**

В работе проведён анализ существующих способов заряда кислотных аккумуляторных батарей. Описаны основные применяемые способы заряда аккумуляторов, их достоинства и недостатки. Предложен способ заряда аккумуляторов, который включает 3 этапа: десульфатацию, основной заряд и уравнивающий заряд. Разработана структурная схема зарядного устройства, включающая трансформатор, тиристоры, блок управления тиристорами, блок регулировки разрядного тока, главный блок регулирования разрядного тока. Определен алгоритм работы зарядного устройства в зависимости от технического состояния аккумуляторной батареи. Переключение этапов заряда осуществляется в зависимости от параметров аккумулятора.

**Ключевые слова:** аккумулятор, свинцово-кислотный, заряд, устройство, алгоритм, восстановление, способ, ток, емкость, оценка, показатели.

**Введение.** Способ заряда аккумуляторов определяет срок службы аккумуляторов, показатели восстановления их заряда до номинальных значений и затраты. Учитывая объемы производства и использования аккумуляторов, исследования в этом направлении актуальны.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Известен способ заряда кислотного свинцового аккумулятора путем регулирования зарядного тока, при котором используют асимметричный ток [1]. Положительные результаты получаются при соотношении времени заряда и разряда  $t_3/t_{\text{раз}}=10...20$ , величины тока заряда и разряда  $I_3/I_{\text{раз}}=5$ , оптимальной длительности зарядного импульса 5 мин и разрядного импульса 24 с. Недостаток этого реализация способа – возможность снятия только очень слабой сульфатации пластин аккумулятора.

Также используется способ десульфатации пластин свинцового аккумулятора, при котором заряд производят асимметричным током с соотношением прямого и обратного тока 10:1, и соотношением времени протекания импульсов тока в прямом и обратном направлениях 1:2 [2]. При этом наблюдается недостаточная эффективность процесса десульфатации.

Заряд кислотной свинцовой аккумуляторной батареи асимметричным током, при котором перед зарядом батареи постоянным током осуществляют ее заряд при постоянном напряжении, причем в течение всего процесса заряда устанавливают длительность импульса зарядного тока 18...20 мс и

длительность импульса разрядного тока 1...1,2 мс [3]. Но заряд показывает малую эффективность процесса десульфатации пластин.

Реализация заряда свинцовых аккумуляторов с реверсированием зарядного тока, при котором длительность зарядных импульсов тока изменяется от 15 до 8 с в зависимости от состояния аккумулятора, а длительность разрядных импульсов тока берется неизменной 50 мс [4], показала также малую эффективность десульфатации пластин.

Известен способ заряда свинцовой аккумуляторной батареи асимметричным током путем обеспечения равенства продолжительности зарядно-разрядных импульсов, при котором заряд осуществляют импульсами зарядного тока, равными 0,3 от номинальной емкости батареи, при импульсах разрядного тока равных 0,003-0,006 от этой емкости [5]. Недостаток этого способа - малая эффективность десульфатации пластин аккумулятора.

Наиболее интересным решением является способ заряда свинцового аккумулятора, который основан на чередовании импульсов зарядного и разрядного тока, при котором импульсы зарядного тока с частотой следования 100 Гц и длительностью 1/3 полупериода сетевого напряжения получают с помощью ключевого элемента (тиристора), включенного в цепь вторичной обмотки трансформатора и подсоединенного к блоку управления [6]. Зарядный ток при этом больше разрядного в десять раз, а длительность меньше в два раза. Импульсы разрядного тока получают подключением резистора с переменным сопротивлением к клеммам аккумулятора. При закрытии ключевого элемента происходит разряд аккумулятора через подключенный резистор током, величина которого определяется сопротивлением резистора и внутренним сопротивлением аккумулятора, т.е. образуется импульс разрядного тока в промежутке между импульсами зарядного тока. Недостатком является то, что процесс восстановления эффективен только слабо засульфатированных аккумуляторов [7].

**Цель и задачи исследования.** Целью данной работы является оценка влияния способов заряда АКБ на показатели восстановления и усовершенствование алгоритма процесса заряда.

**Исследование способов заряда и их влияния на состояние свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.** Известны следующие способы зарядки аккумуляторов: постоянным током, постоянным напряжением, импульсным и реверсивным током.

К особенностям первого способа следует отнести возможность полного заряда батареи и наблюдение обильное газовыделение в результате диссоциации воды [8, 9].

При зарядке аккумуляторов постоянным напряжением достичь полной зарядки [10] не всегда представляется возможным..

Заряд импульсным током позволяет сократить время зарядки, по сравнению с предыдущими методами, а также получить улучшение эксплуатационных характеристик аккумулятора и снизить при этом затраты и время восстановления.

При использовании пульсирующего тока частотой 50 Гц вместо постоянного тока время зарядки удается сократить на 17%, а расход электрической энергии на 20%. При этом максимальная температура электролита в конце процесса формирования оказывается меньшей, чем при постоянном токе.

Заряд аккумулятора реверсивным током дает возможность управлять восстановительными реакциями и структурными изменениями активного материала пластин, разрушая, в зависимости от соотношения и абсолютных значений анодного и катодного периодов, кристаллы различных размеров и форм в зависимости от степени сульфатации аккумулятора.

Этот процесс происходит по следующему принципу: во время заряда часть электронов, которые обладают наибольшим энергетическим потенциалом, растворяют кристаллы сульфата свинца, с переводом его в аморфное состояние. Остальные электроны, имея недостаточно энергии, не достигают поверхности пластин аккумулятора или неэффективно воздействуют на их восстановление. Накапливаясь в молекулярных соединениях на поверхности пластин, они препятствуют восстановлению, переводя химический процесс в электролиз воды. Во время разряда электроны отходят от поверхности пластин на исходные позиции с суммарной энергией, неиспользованной при первоначальной попытке расплавления кристалла сульфата свинца и энергии возврата. Таким образом, в результате раскачивания энергетической мощности, достигается расплавление нерастворимых сульфатов.

Это позволяет увеличить суммарную пористость и площадь действующей поверхности пластин, т.е. увеличить поверхность соприкосновения электролита с активным материалом электродов, облегчить условия диффузии и выравнивания концентрации электролита в приэлектродном слое.

Наиболее целесообразно выполнять процесс восстановления зарядным устройством в несколько этапов, что позволяет эффективно производить процесс десульфатации, сокращать время заряда, снижать энергопотребление зарядного устройства. Такое зарядное устройство производит заряд в три этапа: «Десульфатация», «Основной заряд» и «Заряд малым током».

Задача первого этапа – растворение крупнозернистых сульфатов свинца. В этом режиме аккумулятор заряжается пульсирующим реверсивным током. Величина среднего зарядного тока на этом этапе составляет 1 А, при амплитудном значении до 12 А, величина разрядного тока составляет 0,15 А.

время зарядного и разрядного периодов соответственно 0,27с и 0,53с. Такой закон изменения тока обеспечивает наиболее эффективное ведение процесса десульфатации. Перед началом проведения этого этапа необходимо определить состояние аккумулятора – определение внутреннего сопротивления аккумулятора для оценки степени его сульфатации. Если величина внутреннего сопротивления находится в допустимых пределах, то процесс заряда начинается непосредственно со второго этапа. Если сопротивление большое, то первый этап заканчивается при уменьшении внутреннего сопротивления до допустимых значений. Проверка внутреннего сопротивления проводится через установленные контроллером определённые промежутки времени.

Основной заряд длится до 15 часов в зависимости от ёмкости и степени разряженности аккумулятора. Заряд производится импульсным током номиналом 1/10 емкости АКБ с амплитудными значениями до 20 А. На этом этапе аккумуляторная батарея получает основной заряд от зарядного устройства, а также производится десульфатация, за счёт использования импульсного зарядного тока, однако менее эффективно, чем на первом этапе. Заканчивается этот этап при достижении напряжения на аккумуляторе 12-12,5 В, после чего заряд переходит на третий этап.

Третий этап применяется для полной зарядки аккумулятора, сведения до минимума газовыделения, равного распределения плотности электролита по всему объёму банки. На этом этапе заряд происходит импульсным током малой величины порядка 1,5 А.

Форма зарядного тока по предложенному алгоритму представлена на рис. 1.

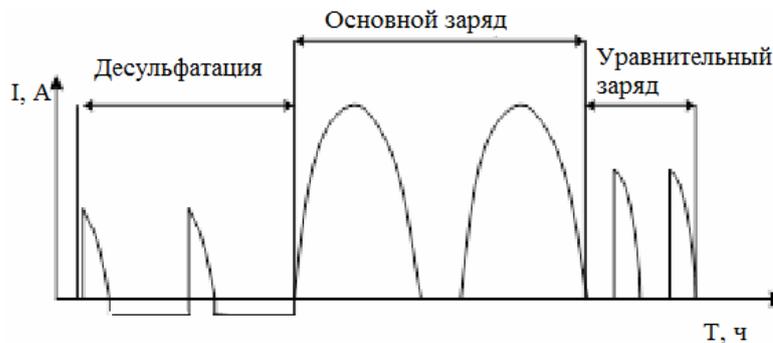


Рис. 1 – Изменение зарядного тока

Схема зарядно – десульфатирующего устройства представлена на рис. 2. Работает данное устройство по следующему алгоритму: Главный блок управления (ГБУ) определяет состояние аккумулятора по величине его внутреннего сопротивления и напряжению на клеммах аккумулятора. Исходя из этих данных, выбирается необходимый этап заряда. При увеличенном значении внутреннего сопротивления осуществляется первый этап заряда

«Десульфатация», на котором заряд производится реверсивным током. ГБУ подаёт управляющий импульс на тиристор VD2, замыкая разрядную цепь. Одновременно с этим подаётся команда на блок управления зарядным током (БУТ), отключающая импульсы зарядного тока в момент разряда АКБ и устанавливающая необходимый зарядный ток. Сигналом, поступающим на блок регулировки разрядного тока (БРРТ), устанавливается необходимый разрядный ток. Проверки состояния аккумулятора происходят периодически, с интервалом времени, выбираемым автоматически контроллером.

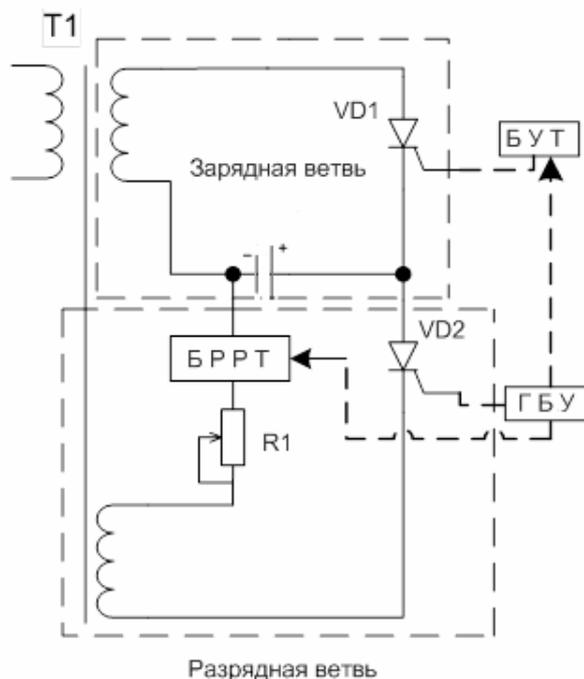


Рис. 2 – Схема зарядно-десульфатирующего устройства:

БУТ – Блок управления тиристором; ГБУ – Главный блок управления; БРРТ – блок регулировки разрядного тока; VD1, VD2 – тиристоры; T1 – трансформатор.

При уменьшении величины внутреннего сопротивления до нормативных величин, заряд переходит во второй этап – «Основной заряд». Управляющие импульсы, поступающие на тиристор VD1 с БУТ, открывают его, что приводит к протеканию электрического тока в зарядной цепи. Диод VD2 закрыт.

При достижении напряжения на аккумуляторе значения 12-12,5 В заряд переходит на третий этап – «Уравнительный заряд», на котором заряд идёт импульсным током, среднее значение которого 1,5 А. ГБУ подаёт сигнал на БУТ, который в свою очередь подаёт управляющие импульсы на тиристор VD1, открывая его на каждой полуволне зарядного тока с определённой задержкой, образуя у формы зарядного тока крутой передний фронт. Диод VD2 закрыт. При достижении напряжения на клеммах аккумулятора 13,8 В заряд прекращается.

**Выводы.** Анализ существующих способов восстановления емкости АКБ показал, что использование реверсивного зарядного тока дает преимущества по затратам и качеству восстановления.

Рационально использовать трехэтапный заряд АКБ: «Десульфатация», «Основной заряд», «Уравнительный заряд». Реализация предложенной структурной схемы в зарядном устройстве и алгоритма работы повысит эффективность процесса восстановления емкости АКБ.

**Список литературы:** 1. А. с. 838828 СССР, МПК<sup>5</sup> H01 M10/44. Способ заряда кислотного свинцового аккумулятора/ В. А. Шулаев (СССР). – №2826928; заявл. 17.11.1979; опубл. 15.06.1981, Бюл. 22. 2 А. с. 372599 СССР, М. Кл. H01 M39/00, H 01 M 47/00. Способ десульфатации пластин кислотного аккумулятора / Ф. И. Кукоз, Х. К. Явруян (СССР). – № 1645723/24-7; заявл. 14.04.1971; опубл. 01.03.1971, Бюл. 13. 3. А. с. 777760 СССР, М. Кл.<sup>3</sup> H01 M10/44. Способ формирования пластин и заряда кислотной свинцовой аккумуляторной батареи/ В. В. Василенко, В. А. Киселевич, М. К. Семков (СССР). – №2736915/24-07; заявл. 10.01.1979; опубл. 07.11.1970, Бюл. 41. 4. Pat. 3929505 United States, Int.Cl. H 01 M 35/30. Formation of battery plates / Wilford B. Burkett, Joseph A. Orsino; assignee McCulloch Corporation.– №3929505; st. 27.07.73; pub. 30.12.75. – 13 p.5. А. с. 396761 СССР, М.Кл. H 01 M 45/04. Способ заряда свинцовой аккумуляторной батареи ассиметричным током/ В. Г. Денисов, А. Г. Герасимов (СССР). – №1724919/24-07; заявл. 13.12.1971; опубл. 29.08.1973, Бюл. 36. 6. Газизов М. Автоматическое устройство для заряда и восстановления аккумуляторных батарей // В помощь радиолюбителю. Сборник. Вып. 94/В 80, Сост. В. Г. Борисов. – М: ДОСААФ, 1986. – С. 3-7. 7. Пат. 2180460 Российская Федерация МПК H01M10/44 Способ заряда свинцового аккумулятора / Дувинг В. Г.; заявитель и патентообладатель Дувинг В. Г. №2000100072/09; заявл. 05.01.2000; опубл. 10.03.2002, Бюл. 1. 8. Дасоян М. А. Стартерные аккумуляторные батареи: Устройство, эксплуатация и ремонт.- М.: Транспорт, 1991. 9. Кочуров А. А. Теоретические основы решения проблемы увеличения сроков службы аккумуляторных батарей при хранении и повышении эффективности способов их восстановления: монография / А. А. Кочуров, Н. П. Шевченко, В. Ю. Гумелев; под общ.ред. А. А. Кочурова. – Рязань: РВАИ, 2009. – 249 с. 10. Руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту стартерных аккумуляторных батарей. ИР 3012165-0302-94.

**Bibliography (transliterated):** 1. A.p. 838828USSRI/C15H01 M10/44.Way tochargeleadacid battery / V. A. Shulaev (USSR).- №2826928; appl. 17.11.1979; publ. 15.06.1981, Bull. 22. 2. A.p.372599 USSR, I. Cl. H01 M39/00, H 01 M 47/00. Method desulfationacid battery plates / F. I. Kukoz, H. K. Yavruyan (USSR). - № 1645723/24-7; appl. 14.04.1971; publ. 01.03.1971, Bull.13. 3. A.p.777760USSR, Icl.3H01M10/44. A method of formingplates and charge leadacid battery / V. V. Vasilenko, V. A. Kiselevich, M. K. Semkov (USSR). - № 2736915/24-07;appl. 10.01.1979; publ. 11.07.1970,Bull. 41. 4. Pat. 3929505 United States, Int.Cl. H 01 M 35/30. Formation of battery plates / Wilford B. Burkett, Joseph A. Orsino; assignee McCulloch Corporation.– №3929505; st. 27.07.73; pub. 30.12.75. – 13 p. 5. A.p.396761 USSRM.KI.H01M45/04. Way tochargelead battery asymmetrics hock/ V.G. Denisov, A. G. Gerasimov(USSR). - № 1724919/24-07;appl. 13.12.1971; publ. 29.08.1973, Bull. 36. 6. Gazizov M. Automatic devicefor charging batteries and recovery//To help theradio amateur. Compilation.MY. 94/80 In, Comp.VGBorisov. - M:DOSA AF, 1986. – С. 3-7. 7. Pat. 2180460 Russian Federation IPCmethod H01M10/44 lead battery charge / DuvingV.G.;applicant and patentee DuvingV. G. Number2000100072/09; appl. 05.01.2000; publ. 10.03.2002, Bull. 1. 8. DasoyanM. A. Starter batteries: Device maintenance and repairs. - Moscow: Transportation, 1991. 9. KochurovA. A. Theoretic albasis for solvingthe problem of increasingthe service life of the storage andways toimprove the efficiency of their recovery: monograph / A. A. Kochurov, N. P. Shevchenko, V. Y. Gumelev; under Society. Ed. A. A. Kochurova. - RyazanRVAI, 2009. – 249 с. 10. Guidelines formaintenance and currentre pair of starter batteries.TS3012165-0302-94.

Поступила (received) 28.04.2014