

В. А. ДЗЕНЗЕРСКИЙ, С. В. БУРЫЛОВ, В. Ю. СКОСАРЬ,  
Е. Л. ВЫДУТАЯ (ИТСТ НАНУ «Трансмаг», Днепропетровск)

## СПОСОБ КОНТРОЛЯ МЕЖЭЛЕМЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОЛЮСНЫХ ВЫВОДОВ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Вдосконалено спосіб контролю міжелементних з'єднань і полюсних виводів свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Спосіб дозволяє знизити втрати від браку, підвищити достовірність контролю міжелементних з'єднань і полюсних виводів, підвищити якість акумуляторних батарей.

*Ключові слова:* свинцево-кислотний акумулятор, контроль міжелементних з'єднань та полюсних виводів акумуляторних батарей, якість акумуляторних батарей

Усовершенствован способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Способ позволяет снизить потери от брака, повысить достоверность контроля межэлементных соединений и полюсных выводов, повысить качество аккумуляторных батарей.

*Ключевые слова:* свинцово-кислотный аккумулятор, контроль межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей, качество аккумуляторных батарей

The inspection method of intercell connections and pole terminals of lead-acid storage batteries is upgraded. The method allows reducing losses from rejects, increasing reliability of check of intercell connections and pole terminals, improving the quality of storage batteries.

*Keywords:* lead-acid storage battery, check of intercell connections and pole terminals of storage batteries, quality of storage batteries

### Постановка задачи

На железнодорожном транспорте в качестве автономных источников тока используются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Надежность работы батарей в значительной мере определяется достоверностью контроля межэлементных соединений и полюсных выводов после сборки батарей. Обычно такой контроль осуществляют либо путем повышения и/или понижения давления воздуха в соседних аккумуляторах и регистрацией изменения давления в них [1], либо электрическими способами, позволяющими оценить электрические параметры контролируемого соединения [2, 3]. В технической литературе описаны оба вида применяемых способов контроля. Например, в [1] описан способ контроля межэлементных соединений, согласно которому в соседних аккумуляторах создают повышенное или пониженное давление воздуха. Затем к межэлементному соединению прикладывают отрывающую нагрузку, создающую растягивающее напряжение в сечении соединения 0,85...0,95 от предела упругости свариваемого материала. В процессе растягивания регистрируют изменение давления, по которому судят о качестве межэлементного соединения. Однако этот способ и все ему подобные недостаточно достоверны, т.к. лучше контролируют герметичность задел-

ки межэлементного соединения, чем качество сварки. Более достоверны электрические способы контроля межэлементных соединений. Кроме того, они еще позволяют контролировать полюсные выводы. запатентован [2] способ контроля сварки межэлементных соединений, основанный на облучении контролируемого соединения скачкообразно изменяющимися импульсами электромагнитного поля с целью получения переходного процесса в электромагнитном поле, возникающего при взаимодействии этого поля с электропроводящим материалом сварного соединения. Качество контролируемого соединения определяют по величине напряжения, наводимого в приемной антенне – катушке индуктивности. Данный способ в практическом применении оказался неудобным, поскольку наводимое в антенне напряжение сильно зависит от величины зазоров между катушками индуктивностей, предназначенными для излучения и приема сигналов. Наиболее подходящим способом, взятым нами за исходный, требующий доработки, является способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей, представленный в [3]. В этом способе в батарею вводят вспомогательные электроды и измеряют разности потенциалов между этими электродами, введенными в соседние аккумуля-

ляторы, а также между электродами, введенными в аккумуляторы с полюсными выводами и самими полюсными выводами. Затем через батарею пропускают постоянный ток и вновь измеряют соответствующие разности потенциалов. Далее определяют разность величин разностей потенциалов, измеренных до пропускания тока и сразу после его пропускания. По отношению разностей величин разностей потенциалов к амплитуде постоянного тока определяют исправность межэлементных соединений и полюсных выводов, сравнивая их с соответствующими значениями для исправных межэлементных соединений и полюсных выводов. Фактически в данном способе идет сравнение электрических сопротивлений контролируемых межэлементных соединений и полюсных выводов с исправными соединениями и выводами. Но у данного способа есть один серьезный недостаток: не установлен точный критерий исправности межэлементных соединений и полюсных выводов, т.к. разброс значений электрических сопротивлений на практике достаточно велик и трудно достоверно указать, при каких значениях сопротивлений контролируемое межэлементное соединение следует признать неисправным. Поэтому актуальной задачей является усовершенствование способа контроля межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей, которое позволило бы увеличить его достоверность. Решение этой задачи является целью настоящей работы.

### Решение задачи

Усовершенствованный нами способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей состоит в следующем. В батарею в электролит вводят вспомогательные электроды и измеряют разности потенциалов между вспомогательными электродами, введенными в соседние аккумуляторы, а также между электродами, введенными в аккумуляторы с полюсными выводами и самими полюсными выводами. Затем через батарею в течение определенного времени пропускают постоянный ток, удовлетворяющий условиям неразрушающего контроля, величиной  $I$  (А), равной  $(4,5 \dots 7,5) C_{20}$ , где  $C_{20}$  (А·ч) – номинальная емкость батареи при 20-часовом режиме разряда. Время  $t$  (с) пропускания тока рассчитывают по формуле:

$$t = 36 C_{20} / I \pm 1, \quad (1)$$

где 36 – эмпирический коэффициент. Сразу по истечении указанного времени вновь измеряют разности потенциалов между вспомогательными электродами, введенными в соседние аккумуляторы, а также между электродами, введенными в аккумуляторы с полюсными выводами и самими полюсными выводами. После этого определяют разность величин разностей потенциалов, измеренных до пропускания тока и сразу после его пропускания. По отношению разностей величин разностей потенциалов к амплитуде постоянного тока определяют исправность межэлементных соединений и полюсных выводов, сравнивая их с соответствующими значениями для исправных межэлементных соединений и полюсных выводов. При этом считают, что контролируемое межэлементное соединение или полюсный вывод неисправны, если вычисленное отношение разности величин разностей потенциалов, измеренных до и после включения тока, к амплитуде пропускаемого постоянного тока превышает на 70 и более процентов соответствующую величину для исправного межэлементного соединения или полюсного вывода. В противном случае контролируемое межэлементное соединение или полюсный вывод считают исправными.

Как видно, в усовершенствованном нами способе контроля вводится точный критерий исправности межэлементного соединения и полюсного вывода. Определился этот критерий путем исследований и многократных испытаний свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. В результате этих исследований было установлено, что более четкое и достоверное указание на исправность или неисправность межэлементного соединения или полюсного вывода дает электрическое сопротивление контролируемого соединения или вывода после определенного прогрева их электрическим током. После такого прогрева межэлементного соединения или полюсного вывода постоянным током их электрическое сопротивление возрастает, но так, что этот рост незначителен при исправном межэлементном соединении или полюсном выводе и составляет не более 30 %. В то же время при неисправном межэлементном соединении или полюсном выводе этот рост существенен и составляет 110 % и выше. В промежутке 30...110 % практически не попадает ни один из исследованных нами случаев. Поэтому в качестве критерия исправности мы взяли середину промежутка 30...110 %, т.е. величину 70 %.

Важное значение для необходимого прогрева током межэлементного соединения или полюсного вывода имеют правильно подобранные величина этого тока и продолжительность времени прогрева. Если постоянный ток будет менее  $4,5C_{20}$ , то межэлементное соединение или полюсный вывод недостаточно прогреются, успевая отдавать тепло в окружающую среду. Если постоянный ток будет более  $7,5C_{20}$ , то нарушится условие неразрушающего контроля для свинцово-кислотных батарей. Если время действия постоянного тока, после которого производят измерение электрического сопротивления (время прогрева постоянным током), будет менее, указанного в формуле (1), то межэлементное соединение или полюсный вывод недостаточно прогреются. С другой стороны, если время действия постоянного тока, после которого производят измерение электрического сопротивления, будет более, указанного в формуле (1), то неоправданно увеличится продолжительность процедуры контроля и уменьшится производительность труда при производстве аккумуляторных батарей.

Усовершенствованный нами способ контроля реализуют следующим образом. В батарею в каждую пару соседних аккумуляторов в электролит (или в крайний аккумулятор в электролит и к полюсному выводу) вводят вспомогательные алюминиевые, свинцовые, или кадмиевые электроды и измеряют падение напряжения (ЭДС) между соседними аккумуляторами (или между крайним аккумулятором и полюсным выводом). Затем через батарею пропускают постоянный ток  $I$  (А), равный  $(4,5...7,5)C_{20}$ , где  $C_{20}$  (А·ч) – номинальная емкость батареи при 20-часовом режиме разряда, в течение времени  $t$  (с), вычисленном согласно формуле (1). После чего сразу измеряют падение напряжения между парой соседних аккумуляторов (или между крайним аккумулятором и полюсным выводом). Определяют разницу указанных падений напряжений и вычисляют отношение этой разницы к амплитуде постоянного тока. Таким образом, фактически измеряют электрическое сопротивление между соседними аккумуляторами (или между крайними аккумуляторами и их полюсными выводами). Дают батарее остыть в течение 25...35 с, после чего в пару других соседних аккумуляторов вновь вводят вспомогательные электроды и повторяют вышеописанные действия с пропуском тока, измерением и вычислением, получая значение электрического сопротивления очередного межэлементного соединения и т.д.

Процедуру можно значительно ускорить, если автоматизировать процесс одновременного ввода пар вспомогательных электродов во все соседние аккумуляторы и автоматически производить все измерения и вычисления. Тогда не потребуется время для остывания батареи после очередного измерения. Сравнивая электрические сопротивления с критерием исправности, допускают батарею к выпуску или полностью бракуют. Бракуют, если хотя бы у одного межэлементного соединения или полюсного вывода электрическое сопротивление превышает электрическое сопротивление для исправного межэлементного соединения или полюсного вывода на 70 % и более. При этом предварительно устанавливают среднее значение электрического сопротивления для исправного межэлементного соединения и полюсного вывода у батарей того же типонаминала и той же конструкции (для свинцово-кислотных батарей среднее значение имеет порядок 0,1 мОм). Если же у всех межэлементных соединений и полюсных выводов электрическое сопротивление не превышает указанного выше критерия, то такую батарею допускают к выпуску.

Для проверки нашего способа мы провели контроль качества межэлементных соединений свинцово-кислотных аккумуляторных батарей 6СТ-55А3 с электролитом в количестве 1000 шт. из одной партии. Контроль провели согласно способу [3] при постоянном токе 165 А ( $3C_{20}$ ). В 4-х батареях по одному межэлементному соединению показали избыточное на 25...100 % электрическое сопротивление, что может как свидетельствовать об их исправности, так и о неисправности, поскольку авторы [3] за исправное считали соединение с сопротивлением, превышающим нормальное на 5...20 %, а за неисправное – с превышением 300 % и более. Остальные межэлементные соединения (во всех 1000 батареях) показали отклонения электрического сопротивления не более 10 % (исправны). Затем на этих же батареях в количестве 1000 шт. провели контроль качества межэлементных соединений согласно усовершенствованному нами способу током 275 А ( $5C_{20}$ ). Ток пропускали 7 с ( $36 C_{20} / 5 C_{20} - - 0,2$ ), после чего сразу делали соответствующие замеры. В тех же самых 4-х батареях те же самые межэлементные соединения, которые в способе [3] дали на 25...100 % избыток сопротивления, также показали избыточное электрическое сопротивление (см. табл. 1). Но, одно межэлементное соединение дало избыток сопротивления на 29 %, что означает его исправность, а 3 –

на 155...180 %, что означает их неисправность, согласно нашему критерию. Остальные межэлементные соединения (во всех 1000 батареях)

показали отклонения электрического сопротивления не более 15 % (исправны).

Таблица 1

**Исходные данные для анализа достоверности способа контроля межэлементных соединений и полюсных выводов**

№ батареи	№ межэлементного соединения	Отклонение электрического сопротивления от значения для исправного межэлементного соединения, %		Характеристика межэлементного соединения	
		в способе [3]	в нашем способе	в способе [3]	в нашем способе
23	1	5	5	исправно	исправно
	2	8	9	исправно	исправно
	3	5	7	исправно	исправно
	4	10	10	исправно	исправно
	5	25	29	?	исправно
	6	5	7	исправно	исправно
	7	10	12	исправно	исправно
518	1	8	10	исправно	исправно
	2	100	180	?	неисправно
	3	5	5	исправно	исправно
	4	5	7	исправно	исправно
	5	10	15	исправно	исправно
	6	5	5	исправно	исправно
	7	5	7	исправно	исправно
801	1	10	15	исправно	исправно
	2	90	155	?	неисправно
	3	10	15	исправно	исправно
	4	5	7	исправно	исправно
	5	7	10	исправно	исправно
	6	5	5	исправно	исправно
	7	10	12	исправно	исправно
926	1	5	5	исправно	исправно
	2	0	0	исправно	исправно
	3	95	180	?	неисправно
	4	10	15	исправно	исправно
	5	7	10	исправно	исправно
	6	5	7	исправно	исправно
	7	10	12	исправно	исправно

**Примечание.** Под межэлементными соединениями 1 и 7 указаны полюсные выводы

Разрушающий контроль качества сварки показал, что у исправного соединения (батарея № 23, соединение № 5) дефекты сварки отсут-

ствуют, тогда как у неисправных межэлементных соединений имеются дефекты сварки в виде пустот в металле, расположенных по краям

разлома межэлементного соединения. Выборочный контроль всех остальных исправных соединений дефектов сварки не обнаружил.

### Выводы

Таким образом, в отличие от способа [3] контроля качества сварки, который дает недостоверные результаты относительно исправности межэлементных соединений и полюсных выводов, наш способ позволяет получить корректные результаты и точно провести отбраковку.

Усовершенствованный нами способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей может найти применение в электротехнической промышленности, в частности, в производстве свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Способ позволяет добиться повышения достоверности контроля межэлементных соединений и полюсных выводов, снижения потерь от брака, повышения качества аккумуляторных батарей, уменьшения рекламаций от потребителей.

В качестве перспективы дальнейших исследований мы планируем изучить влияние качества сварки ушек электродных пластин на их электрическое сопротивление, изучить зависимость этого сопротивления от тока разряда и температуры, разработать способ контроля качества сварки ушек электродных пластин свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 1510636 СССР, МПК<sup>4</sup> H01M 2/24, G01N 3/42. Способ контроля качества межэлементных соединений [Текст] / Башурин А. В., Строев В. И., Чепурных Н. В., Козин А. В.; Заявители и патентообладатели Курский политехн. ин-т и Курский завод «Аккумулятор». – № 4258487/24-07; заявл. 08.06.87; опубл. ДСП. – 6 с.: ил.
2. Пат. 93044148 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> H01M 10/42, G01N 27/83. Способ контроля качества сварки межэлементных соединений аккумуляторных батарей и устройство для его осуществления [Текст] / Подопрigorov В. С., Федосеев В. М.; Заявители и патентообладатели Подопрigorov В. С., Федосеев В. М. – № 93044148/28; заявл. 09.09.93; опубл. 10.04.96 – 8 с.: ил.
3. А.с. 1374305 СССР, МПК<sup>4</sup> H01M 2/24, G01R 31/36, G01N 27/24. Способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов батарей аккумуляторов [Текст] / Чернов В. Г., Кукоз Ф. И., Посохов Н. П.; Заявитель и патентообладатель Новочеркасский политехн. ин-т им. С. Орджоникидзе – № 4088413/24-07; заявл. 06.05.86; опубл. 15.02.88, Бюл. № 6. – 4 с.

Поступила в редколлегию 03.06.2010.

Принята к печати 22.06.2010.