

Ультразвуковое устройство непрерывного контроля эксплуатационных характеристик аккумулятора

Сергеев Д. А.

*Сергеев Дмитрий Анатольевич / Sergeev Dmitriy Ahatolevich – доцент, кандидат технических наук,
кафедра информационных и измерительных систем и технологий,
Южно-Российский государственный политехнический университет
Новочеркасский политехнический институт им. М. И. Платова, г. Новочеркасск*

Аннотация: в статье описаны метод непрерывного контроля эксплуатационных характеристик аккумуляторов в процессе их эксплуатации и структурная схема устройства его реализующая. Достоинства устройства: уменьшение методической составляющей погрешности измерения электрических характеристик за счет использования в качестве информационного признака плотности тока, протекающего через электролит; непрерывность и многофункциональность контроля: контроль напряжения разомкнутой цепи, напряжения замкнутой цепи, электрического сопротивления электролита, разрядной емкости аккумулятора; уменьшение инструментальной составляющей погрешности при использовании схемы компенсации изменения свойств пьезоэлектрических преобразователей и магнитострикционных звукопроводов акустических каналов.

Ключевые слова: ультразвук, структура, метод, пьезопреобразователь, магнитострикция, акустический канал.

Решение проблемы повышения безопасности эксплуатации систем энергоснабжения автономных транспортных средств на базе аккумуляторных батарей включает разработку методов и средств непрерывного контроля эксплуатационных характеристик батарей. К ним относят [1]: емкость батареи, напряжение, степень заряженности, срок службы, максимальные токи заряда и разряда, саморазряд. В теории химических источников тока [2-4] обосновывается определяющее влияние электрических характеристик аккумулятора на его эксплуатационные свойства. Так, например, в [2] указывается на то, что изменение плотности разрядного тока вызывает резкое уменьшение емкости аккумулятора, ухудшает электрохимические свойства электродов. Поэтому в отсутствие непрерывного контроля в целях обеспечения надежности электропитания от стационарных аккумуляторных батарей приходится увеличивать периодичность экспресс-контроля, что увеличивает эксплуатационные расходы на их обслуживание.

Метод непрерывного контроля эксплуатационных характеристик аккумулятора основан контроле следующих электрических характеристик аккумулятора:

R_i – внутреннее сопротивление аккумулятора, определяемое сопротивлениями всех компонентов внутренней электрической цепи.

$$R_i = \frac{U_{рц} - U_H}{I},$$

где $U_{рц}$ – напряжение на клеммах аккумуляторов при «разорванной цепи»;

U_H – напряжение его при наличии нагрузки;

I – ток, протекающий в электролите аккумулятора;

$g_k = I_k T_k$ - разрядная емкость аккумулятора, при котором цикле разряда длительностью T_k ;

I_k – средний ток в цикле;

$$g_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n g_k \text{ - суммарная разрядная емкость аккумулятора.}$$

Временные характеристики приведенных величин позволяют сформировать информационное пространство эксплуатации аккумуляторных батарей.

В целях формирования информации о значениях параметров, входящих в указанные формулы, применяются ультразвуковые методы, использующие связь скорости ультразвука в электролите с его плотностью. Однако их инструментальная реализация в условиях агрессивной среды электролита характеризуется невысокими метрологическими и эксплуатационными свойствами, что не позволяет осуществлять эффективную эксплуатацию батарей аккумуляторов [5].

Для информационного обеспечения эксплуатации аккумуляторов разработано устройство непрерывного контроля эксплуатационных характеристик аккумулятора, содержащее датчик с пьезоэлектрическими излучающими и приемными преобразователями, источник высокочастотного напряжения, вычислительное устройство, отличающееся тем, что с целью непрерывности и повышения достоверности контроля электрических характеристик аккумулятора в состав датчика введен двухканальный акустический тракт, первый канал которого образует одна параизлучатель – приемник с расположенным между ними звукопроводом в форме контура, выполненного из магнитострикционного

материала, внутренняя поверхность которого расположена в электролите аккумулятора, причем сечение контура расположено перпендикулярно направлению тока в электролите, внешняя поверхность контура охватывается разомкнутым контуром из такого же магнитострикционного материала, образующим звукопровод второго акустического канала, при этом на торцах звукопровода расположены излучатель и приемник второго акустического канала, причем излучающие преобразователи датчика подключены к выходу источника высокочастотного напряжения, подключенного по питанию к клеммам аккумулятора, а выходы приемных преобразователей подключены соответственно к первому и второму входам блока измерения тока в электролите.

Структурная схема устройства приведена на рис. 1

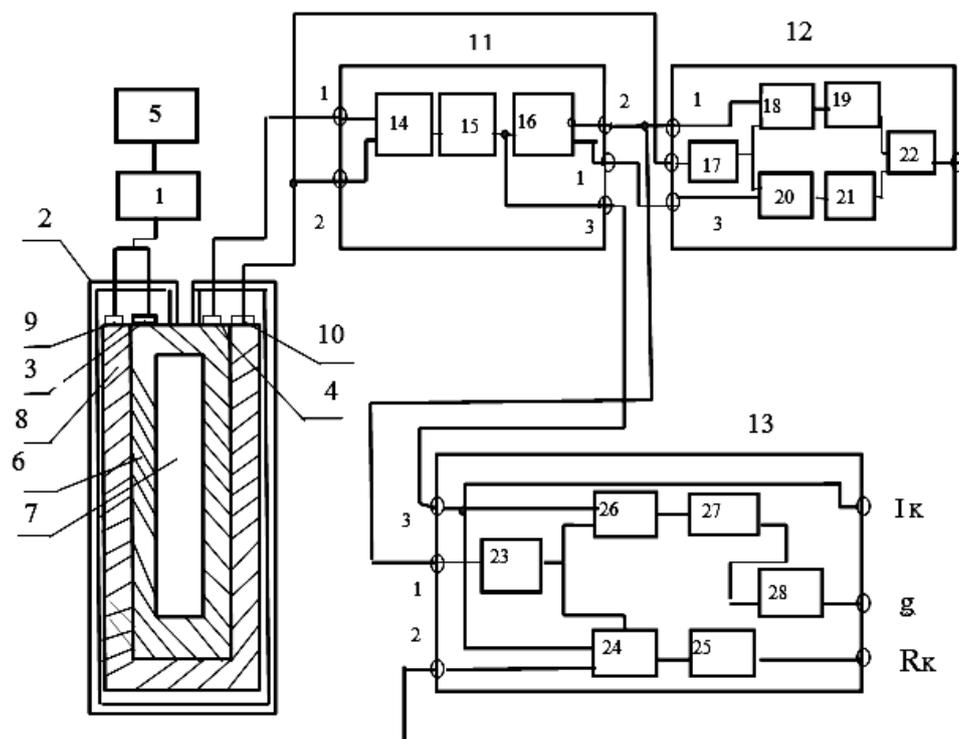


Рис. 1. Структурная схема устройства

Функционирование устройства происходит следующим образом. Датчик 2 устанавливают во внутреннем пространстве аккумулятора таким образом, чтобы плоскость сечения звукопровода 6 была перпендикулярна направлению тока в электролите, а контактное пространство 7 было им заполнено.

Питание источника высокочастотного напряжения 1 осуществляется от клемм аккумулятора 5. В этом случае амплитуда высокочастотного напряжения подаваемого на излучающие преобразователи 9 и 3 будет пропорциональна напряжению на клеммах аккумулятора U_A и зависит от состояния (режимы – «разомкнутой цепи» или «под нагрузкой»). Пьезоэлектрические преобразователи 9 и 3 преобразуют импульсное высокочастотное напряжение в акустические импульсы, распространяющиеся соответственно в звукопроводах 8 и 6. При этом колебательная скорость акустической волны в звукопроводе 8 будет пропорциональна напряжению U_A . Напряжение U_{12} , вызванное акустической волной, на выходе приемного преобразователя 10 определяется выражением [2].

$U_{12} = kv$, где k – постоянная, зависящая от свойств материала и размеров звукопровода и свойств преобразователя; v – колебательная скорость акустической волны. Таким образом, напряжение на выходе преобразователя 10 будет определяться выражением. $U_{12} = k_{12}U_A$.

Напряжение на выходе приемного преобразователя 4 первого акустического тракта имеет две составляющие:

- составляющую, определяемую вышеописанным процессом $U_{13}^* = k_{13}U_A$;
- составляющую U_{13}^{**} , определяемую магнитострикционным эффектом в звукопроводе 6, обусловленным магнитным полем тока, протекающего через электролит в контактное пространство 7 датчика 2. Величина этой составляющей пропорциональна величине тока I . Таким образом, $U_{13} = k_{13}U_A + k_i I$.

Для формирования информационного сигнала, пропорционального току в электролите, напряжения с выходов преобразователей 4 и 10 подаются на входы блока измерения тока 11, соединенных с входами дифференциального усилителя 14, на выходе которого формируется импульсное напряжение U_{17} , амплитуда которого пропорциональна разности напряжений U_{12} и U_{13} . Следовательно $U_{17} = k_{17}(U_A(k_{13} - k_{12}) + k_7 I)$.

Напряжение U_A определяется состоянием внешней цепи аккумулятора. При разомкнутой цепи $U_A = U_{\text{рц}}$, при подключенной нагрузке $U_A = U_{\text{н}}$. При условии $k_{12} \approx k_{13}$ и подключенной нагрузке выходное напряжение усилителя будет пропорционально току в электролите. Напряжение с выхода усилителя поступает на вход амплитудного детектора 15. Выходное напряжение детектора 15 пропорционально значению тока в аккумуляторе, подключенного к нагрузке.

С целью фиксации подключения аккумулятора к нагрузке напряжение с выхода детектора 15 подается на вход порогового устройства 16. Напряжение на прямом выходе устройства 16 соответствует условию включения нагрузки, а на обратном входе соответствует разомкнутой внешней цепи.

Формирование сигнала, пропорционального $U_{\text{рц}}$, осуществляется подачей напряжения с выхода приемного преобразователя 10 на третий вход блока оценки состояния внешней цепи 12, на первый и второй входы которого поступают соответственно сигналы с первого и второго выходов блока 11. Поэтому наличие напряжения на первом входе блока 12 вызывает срабатывание ключа 18 и подключение запоминающего устройства 19 к выходу амплитудного детектора 17, на котором формируется сигнал, пропорциональный напряжению $U_{\text{н}}$. Наличие напряжения на инверсном выходе порогового устройства 16 вызывает замыкание ключа 20 и на запоминающем устройстве 21 формируется сигнал, пропорциональный напряжению $U_{\text{рц}}$. Сигналы с выходов запоминающих устройств 19 и 21 поступают на входы вычитающего устройства 22, на выходе которого формируется сигнал $\Delta U = U_{\text{рц}} - U_{\text{н}}$, используемый для определения величины R_i в блоке измерения электрических характеристик 13. С этой целью сигнал с выхода блока 12 поступает на второй вход блока 13 и с него на первый вход делителя 24, на второй вход которого поступает сигнал с третьего выхода блока 11, а третий его вход соединен с выходом формирователя временных интервалов 23. Выходное напряжение делителя 24 преобразуется индикатором 25 в величину R_i .

Для формирования сигнала, пропорционального длительности k -го цикла работы T_k , в блок измерения электрических характеристик 13 включен формирователь временных интервалов 23, срабатывающий по сигналу со второго выхода блока измерения тока 11. Выходной сигнал с формирователя 23 поступает на второй вход умножителя 27 и на третий (управляющий) вход делителя 24, что обеспечивает выполнение операции деления только в режиме нагрузки аккумулятора. На первый вход умножителя 27 поступает сигнал с выхода детектора 18 блока 14, поэтому выходное напряжение умножителя будет пропорционально величине $g_k = I_k T_k$. Устройство суммирования 28 осуществляет формирование величины суммарной емкости разряда $g_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n g_k$. Индикатор 31 фиксирует величину g_{Σ} .

Таким образом, применение предлагаемого устройства позволяет осуществлять непрерывную оценку состояния аккумуляторных батарей, что улучшает условия и безопасность их эксплуатации в автономных транспортных объектах.

Литература

1. Ваш Солнечный Дом. Основные характеристики аккумуляторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.solarhome.ru/basics/batteries/ab_params.htm/ (дата обращения: 10.12.2016).
2. Агрант Б. А., Дубрович М. Н. и др. Основы физики и техники ультразвука. М. Высшая школа, 1987.
3. Киреев В. Л. Курс физической химии. М. Химия, 1975.
4. Варыпаев В. Н., Дасоян М. А., Никольский В. А. Химические источники тока. М. Высшая школа, 1990.
5. Сергеев Д. А., Сергеев Д. Д., Касаткина О. И. Устройство непрерывного контроля электрических характеристик аккумулятора. Патент: 2287836, 2006