

УДК 621.317.53.08

И.В. Антонишен, В.И. Туев, М.В. Южанин

Способ измерения внутреннего сопротивления химических источников тока

Предложен способ измерения составляющих внутреннего сопротивления химического источника тока, рассмотрен принцип функционирования устройства, реализующего предложенный способ.

Ключевые слова: химический источник тока, аккумулятор, способ, внутреннее сопротивление.

Вопросы эксплуатации систем гарантированного электропитания, включающие вторичные химические источники тока (ХИТ) – аккумуляторы, имеют высокую значимость, поскольку от своевременности проведения технического обслуживания и замены вышедших из строя аккумуляторов зависит работоспособность питаемого оборудования.

Внутреннее сопротивление ХИТ является важным параметром, значение которого несет информацию о степени деградации ХИТ [1], позволяет прогнозировать продолжительность его существования и определить время замены этого ХИТ.

На рис. 1 приведены эквивалентная схема внутреннего сопротивления ХИТ (а) [2] и векторная диаграмма сопротивлений (б).

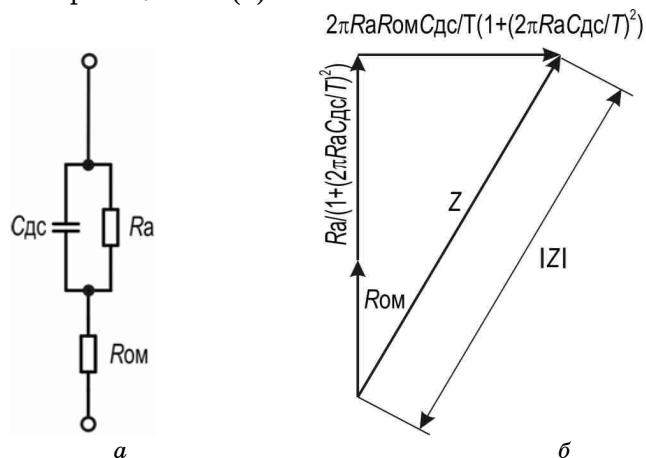


Рис. 1. Эквивалентная схема внутреннего сопротивления ХИТ (а) и векторная диаграмма сопротивлений (б)

Эквивалентная схема ХИТ состоит из омического сопротивления электролита R_{om} , активного сопротивления электрохимических реакций R_a и электрической емкости двойных электрических слоев C_{dc} , имеющих место на границах разделов электродов с электролитом ХИТ.

Известные способы измерения [3] и [4] дают информацию только о величине внутреннего сопротивления постоянному току ХИТ и значениям активной и реактивной составляющих ХИТ.

Целью работы является разработка нового способа измерения значений всех составляющих внутреннего сопротивления ХИТ.

Функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый способ определения значений омического сопротивления, активного сопротивления электрохимический реакций и емкости двойных электрических слоев на границах разделов электродов с электролитом ХИТ, приведена на рис. 2, а форма сигналов на основных блоках схемы приведена на рис. 3. На рис. 2 приняты следующие обозначения: 1 – управляемый ключ; 2 – химический источник тока; 3 – резистор; 4 и 5 – первый и второй дифференциальные усилители (ДУ); 6 и 7 – первый и второй перемножители; 8 и 9 – первый и второй фильтры низких частот (ФНЧ); 10 – микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем (АЦП); 11 – буквенно-цифровой индикатор.

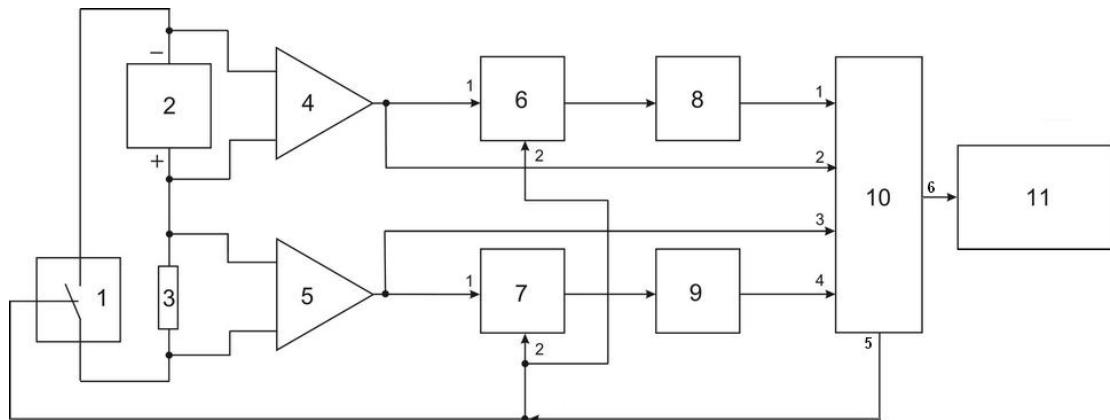


Рис. 2. Функциональная схема устройства для измерения внутреннего сопротивления ХИТ

Измерение составляющих внутреннего сопротивления ХИТ проводится следующим образом. Микроконтроллер 10 формирует на выходе 1 управляющее напряжение, приводящее к замыканию управляемого ключа 1. Напряжение ХИТ 2 подается на входы ДУ 4 и с его выхода поступает на второй вход микроконтроллера 10. Напряжение с резистора 3 подается на входы ДУ 5 и с его выхода поступает на третий вход микроконтроллера 10. По законам коммутации напряжение на емкости C_{dc} скачком изменить нельзя, и в начальный момент времени (точки 1) на рис. 3 сопротивление ХИТ определяется омическим сопротивлением.

Значение омического сопротивления $R_{\text{ом}}$ рассчитывается микроконтроллером 10 по формуле (1):

$$R_{\text{OM}} = \frac{\Delta U_2}{U_3} R, \quad (1)$$

где ΔU_2 – изменение напряжения на втором входе; U_3 – значение напряжения на третьем входе микроконтроллера; R – значение сопротивления резистора 3.

Затем значение $R_{\text{ом}}$ сохраняется в оперативной памяти микроконтроллера.

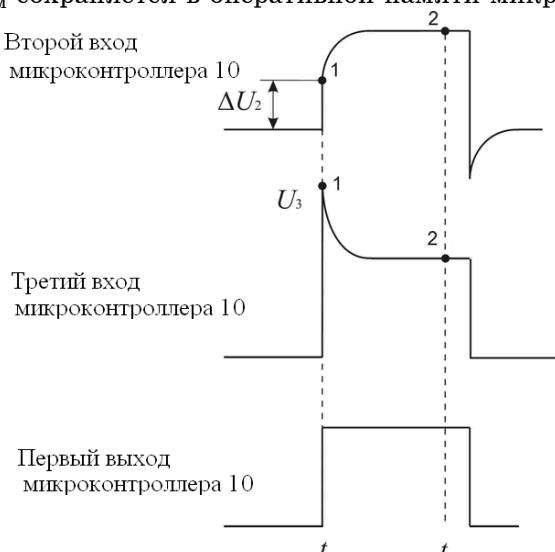


Рис. 3. Эпюры сигналов в схеме

Изменение напряжения на втором входе микроконтроллера 10 определяется по отношению к его значению при разомкнутом состоянии управляемого ключа 2 в момент времени t_1 на рис. 3.

Через интервал времени, превышающий время переходного процесса в цепи ХИТ 2 – резистор 3 – замкнутый ключ 1 (точка 2 на рис. 3), микроконтроллером 10 измеряется изменение напряжения на втором и значение напряжения на третьем входах АЦП и

по формуле (1) рассчитывается сопротивление ХИТ постоянному току $R_{\text{пт}}$ и также сохраняется в оперативной памяти микроконтроллера. Микроконтроллер 10 вычисляет и записывает в оперативную память значение активного сопротивления электрохимической реакции, взяв разность значений сопротивлений $R_{\text{пт}}$ и $R_{\text{ом}}$.

Далее микроконтроллер 10 формирует на выходе 1 последовательность прямоугольных импульсов. Импульсный сигнал с выхода 1 управляет ключом 1 и поступает на вторые входы перемножителей 6 и 7. С выходов перемножителей 6 и 7 сигналы подаются на входы ФНЧ 8 и 9, с выходов которых напряжения поступают соответственно на первый и четвертый входы микроконтроллера 10. После достижения установившихся значений напряжений на выходах ФНЧ 8 и 9 микроконтроллер 10 рассчитывает значение модуля комплексного сопротивления ХИТ на частоте следования импульсов по формуле [5]

$$|Z| = \frac{U_1}{U_4} R, \quad (2)$$

где U_1 – значение напряжения на первом входе микроконтроллера 10; U_4 – значение напряжения на четвертом входе микроконтроллера 10.

Измеренное значение комплексного сопротивления ХИТ сохраняется в оперативной памяти микроконтроллера.

В соответствии с диаграммой сопротивлений, приведенной на рис. 1, б), полное сопротивление ХИТ определяется выражением, включающим измеренные значения $R_{\text{ом}}$, R_a и неизвестное значение емкости $C_{\text{дс}}$:

$$Z = R_{\text{ом}} + \frac{R_a}{1 + \left(\frac{2\pi R_a C_{\text{дс}}}{T} \right)^2} + j \frac{2\pi R_a R_{\text{ом}} C_{\text{дс}}}{T \left[1 + \left(\frac{2\pi R_a C_{\text{дс}}}{T} \right)^2 \right]}. \quad (3)$$

На основе решения уравнения (3) численными методами микроконтроллер определяет значение емкости $C_{\text{дс}}$.

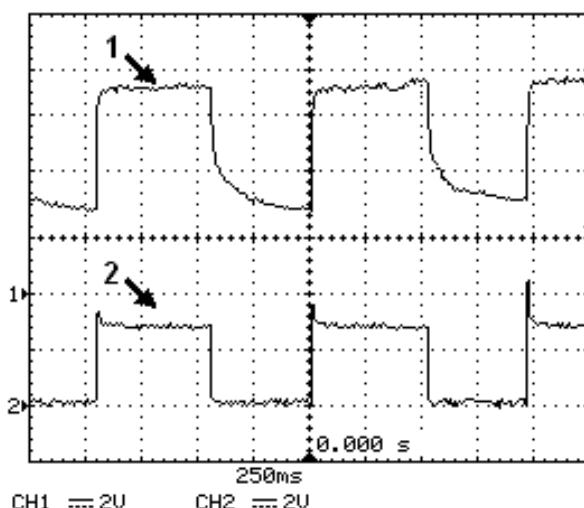
Численные значения омического сопротивления $R_{\text{ом}}$, активного сопротивления электрохимической реакции R_a и емкости двойного электрического слоя $C_{\text{дс}}$ после расчета микроконтроллером отображаются на экране буквенно-цифрового индикатора 11.

На рис. 4 приведены экспериментально измеренные эпюры изменения напряжения на ХИТ 2 (эпюра 1) и напряжения на резисторе 3 (эпюра 2), полученные с применением цифрового осциллографа. В экспериментальной установке использованы ХИТ типа CSB GP 1272 F2, сопротивление, собранное из двух параллельно включенных резисторов МТЕ 0,125 51 Ом и электронный ключ на полевом транзисторе типа IRF3710.

Рассчитанные по измеренным эпюрам напряжений значения составляющих внутреннего сопротивления равны $R_{\text{ом}} = 58,56$ Ом, $R_a = 10,51$ Ом, $C_{\text{дс}} = 3,56$ мФ. Значения омического и активного сопротивлений свидетельствуют о высокой степени деградации использованного в эксперименте ХИТ, что подтверждается проведением контрольного цикла заряд-разряд, значение остаточной емкости ХИТ составляет 20% от номинальной.

Таким образом, предлагаемый способ определения значений омического сопротивления, активного сопротивления электрохимической реакции и емкости двойного электрического слоя на границе раздела электрода с электролитом ХИТ обладает расширенной функциональностью – позволяет определять три параметра полного внутреннего сопротивления ХИТ.

Рис. 4. Эпюры напряжений на ХИТ и сопротивлении



Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в соответствии с договором № 2148 от 05.07.2010 г. в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

Литература

1. Таганова А.А. Диагностика химических источников тока // Современная электроника. – 2007. - №7. – С. 20-22.
2. Багоцкий В.С. Химические источники тока / В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
3. ГОСТ Р МЭК 60896-2-99. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 54 с.
4. Пат. 2 154 834 РФ, МКП G 01 R 27/02. Способ измерения составляющих полного сопротивления и устройство для его осуществления / Г.В. Петкевич, Е.А. Петров, В.П. Мокшанцев (РФ). - Заявл. 14.10.1998; опубл. 20.08.2000. – Бюл. – № 7.
5. Туев В.И. Измерение сопротивлений двухполюсников с применением импульсного сигнала // Известия Том. политех. ун-та. – 2006. – № 1. – С. 178-182.

Антонишен Игорь Владимирович

Аспирант каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ) ТУСУРа

Тел.: (382-2) 70-15-06

Эл. почта: mxm@ms.tusur.ru

Туев Василий Иванович

Д-р техн. наук, зав. каф. РЭТЭМ ТУСУРа

Тел.: (382-2) 70-15-06

Эл. почта: tvi_retem@main.tusur.ru

Южанин Максим Владимирович

Аспирант каф. средств радиосвязи ТУСУРа

Тел.: (382-2) 70-15-06

Эл. почта: mxm@ms.tusur.ru

Antonishen I.V., Tuev V.I., Yuzhanin M.V.

A technique for measurement of internal resistance of chemical power sources

A technique for measurement of internal resistance of chemical power source is suggested. The operation principle of device, which implements the given technique, is considered.

Keywords: chemical current source, accumulator, technique, internal resistance.