

А.Р. СИМОНЯН, А.Г. ГУЛЯН, Р.А. СИМОНЯН

**СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА САМОРАЗРЯДА ХИМИЧЕСКИХ
ИСТОЧНИКОВ ТОКА**

Описан макет прибора для измерения тока саморазряда химических источников тока. В макете запоминается начальное значение напряжения на полюсах химического источника тока. Затем это же напряжение применяется для удержания напряжения на полюсах источника. Ток, необходимый для стабилизации напряжения, измеряется как ток саморазряда. Описаны функциональная схема, принцип работы и технические характеристики макета. Доказана целесообразность разработки прибора для измерения тока саморазряда на основе макета.

Ключевые слова: химический источник тока, заряд, разряд, ток, напряжение, саморазряд.

При выборе химических источников тока (ХИТ) для автономных блоков питания наряду с емкостью и напряжением первостепенное значение имеет также ток саморазряда. Из-за явления саморазряда происходит бесполезная потеря емкости ХИТ при разомкнутой внешней цепи. Главной причиной саморазряда является взаимодействие активных масс электродов и электролита, в результате чего металлические электроды растворяются в электролите (цинк, свинец, кадмий).

Саморазряду способствует также наличие нежелательных ионов в электролите, несоответствующая концентрация электролита. В любом случае саморазряд ХИТ равносителен его разряду малым током, с той лишь разницей, что при саморазряде емкость теряется. При этом напряжение на клеммах ХИТ уменьшается, а наклон зависимости величины напряжения от времени изменяется в зависимости от типа ХИТ, а также от чистоты применяемых для изготовления ХИТ компонентов, степени разряженности, температуры окружающей среды и т. д. (при полном отсутствии нагрузок).

Устройства для измерения или определения тока саморазряда ХИТ неизвестны. В большинстве случаев принято оценивать по величине уменьшения емкости за определенный промежуток времени, например, суток [1]. Однако это достаточно трудоемкий способ определения тока саморазряда, так как при этом сначала определяют полную отдаваемую емкость ХИТ, затем проводят полный заряд и хранение ХИТ при комнатной температуре (20°C) в течение дня (или более длительное время), а потом полный разряд и определяют отдаваемую емкость (режимы разряда такие же, как и при определении емкости до хранения). Разделив разницу емкостей до и после хранения на количество часов хранения, получают величину тока саморазряда.

В [2] предлагается схема для определения тока саморазряда по величине остаточного тока при заряде ХИТ в режиме постоянного напряжения. При этом

ХИТ заряжается полностью в течение длительного времени, пока ток заряда не уменьшается до минимального стабильного уровня. Этот остаточный уровень принято считать током саморазряда ХИТ. Очевидно, что технически трудно определить ток саморазряда при любом уровне разряженности ХИТ.

В данной работе описан макет прибора, в котором строго стабилизируется напряжение на клеммах ХИТ, и при этом измеряется ток, необходимый для поддержания этого уровня напряжения. С этой целью в макет включены две системы стабилизации: электромеханическая - для фиксации и высокоточного хранения напряжения на выводах ХИТ, и электронная - для компенсации саморазряда. При этом ток саморазряда определяется посредством усиления напряжения на выводах низкоомного точного резистора, включенного последовательно с ХИТ, и последующего измерения его величины цифровым вольтметром.

На рисунке показана упрощенная функциональная схема макета прибора для измерения тока саморазряда ХИТ.

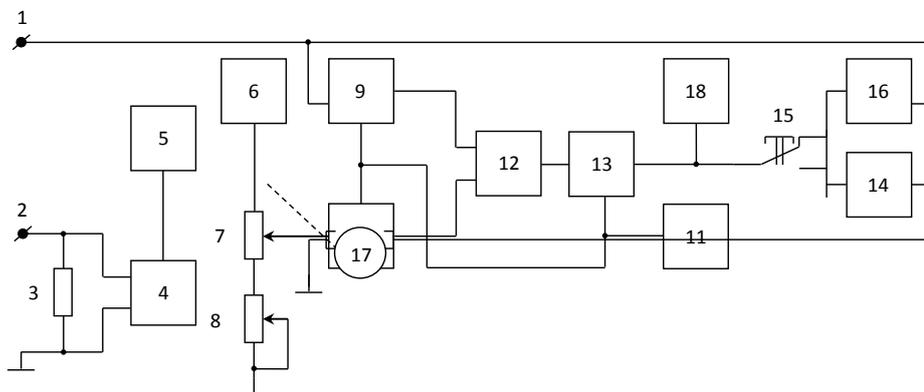


Рис. Упрощенная функциональная схема измерителя тока саморазряда химических источников тока:

1 и 2 - клеммы для подключения полюсов ХИТ, 3 - токоизмерительный резистор, 4 и 12 - дифференциальные усилители, 5 - цифровой вольтметр, 6 - генератор постоянного тока, 7 и 8 - многооборотные резисторы, 9 и 10 - электронные ключи, 11 - генератор прямоугольных импульсов, 13 - синхронный фильтр-детектор, 14 - усилитель тока, 15 - кнопочный переключатель, 16 - преобразователь напряжение-ток, 17 - микродвигатель постоянного тока, 18 - нуль-гальванометр

Для измерения тока саморазряда положительный полюс ХИТ соединяется с первой клеммой прибора, а отрицательный полюс - со второй клеммой. Ток компенсации саморазряда протекает через точный токоизмерительный резистор 3, а разность напряжения на выводах резистора 3 после усиления дифференциальным усилителем 4 измеряется цифровым вольтметром 5. В схеме имеются две системы автоматической стабилизации напряжения:

а) электромеханическая система стабилизации уровня напряжения на подвижном контакте резистора 7, состоящая из генератора постоянного тока 6, пе-

ременных резисторов 7 и 8, электронных ключей 9 и 10, дифференциального усилителя 12, синхронного фильтра–детектора 13, генератора прямоугольных импульсов 11, кнопочного переключателя 15, усилителя тока 14, микродвигателя 17, ось которого механически соединена с подвижным контактом многооборотного резистора 7;

б) система электронной стабилизации напряжения на клеммах измеряемого ХИТ, состоящая из электронных ключей 9 и 10, дифференциального усилителя 12, синхронного фильтра–детектора 13, генератора 11, кнопочного переключателя 15, преобразователя напряжение–ток 16, а также источника опорного напряжения, реализованного на резисторах 7 и 8 и на генераторе тока 6.

Система работает следующим образом. Положительный полюс ХИТ подключается к клемме 1, а отрицательный – к клемме 2. Включается общее питание прибора и производится установка текущего значения напряжения на полюсах ХИТ для хранения на подвижном контакте резистора 7. Для этого нажимается кнопка переключателя 15. При этом замыкается открытый контакт переключателя 15 и начинает работать электромеханическая следящая система. В течение 10...15 с двигатель 17 передвигает подвижный контакт многооборотного резистора настолько, насколько необходимо, чтобы уровни напряжений на входах дифференциального усилителя уравнились. После отпускания кнопки переключателя 15 цепь электромеханической следящей системы размыкается, двигатель 17 обесточивается. Из-за статической ошибки электромеханической следящей системы на выходе синхронного фильтра–детектора еще имеется остаточное напряжение, которое обнуляется вручную, передвигая подвижный контакт резистора 8. Установка напряжения на подвижном контакте резистора 7 контролируется положением стрелки нуль–гальванометра 18. После отпускания кнопки переключателя 15 и обнуления выход синхронного фильтра–детектора 13 соединяется со входом преобразователя 16, и тем самым начинает работать электронная система стабилизации напряжения на полюсах измеряемого ХИТ. В качестве задатчика напряжения для электронной системы стабилизации служит напряжение на подвижном контакте резистора 7.

Из-за саморазряда ХИТ напряжение на клеммах начинает уменьшаться, в результате чего на выходе синхронного фильтра–детектора появляется напряжение, которое после преобразователя напряжение–ток 16 компенсирует ток саморазряда ХИТ и стабилизирует напряжение на клеммах. Компенсирующий ток (фактически ток саморазряда) определяется усилением разности напряжения между выводами токоизмерительного резистора 3 и измерением цифровым вольтметром 5. Величину тока саморазряда $I_{ср}$ можно выразить согласно формуле

$$I_{ср} = U / R_0 K ,$$

где U - величина напряжения согласно показанию вольтметра 5; R_0 - величина сопротивления резистора 3; K - коэффициент усиления дифференциального усилителя 4.

Таким образом, согласно формуле, ток саморазряда зависит от тех параметров схемы, которые имеют высокую тепловую и временную стабильность, что гарантирует высокую точность измерения. Кроме этого, во время измерения тока саморазряда кнопка находится в исходном состоянии, двигатель обесточен, а напряжение поддерживается на уровне напряжения при разомкнутой внешней цепи (отсутствует нагрузка). Следовательно, можно утверждать, что ток внешней цепи не приводит к зарядке ХИТ, а лишь компенсирует собственную потерю емкости.

Технические параметры разработанного макета измерителя тока саморазряда следующие:

- измеренное значение тока саморазряда – от $10 \mu A$ до $10 mA$;
- допустимая погрешность измерения – $\leq 1,5\%$;
- диапазон напряжения измеряемых ХИТ – от 6 до 12 В;
- максимальное значение изменения напряжения на клеммах во время стабилизации $\leq \pm 5 \mu V$.

Посредством разработанного макета были исследованы ХИТ различных производителей и типов (результаты приведены в таблице).

N п/п	Тип ХИТ	Емкость, А·час	Напряжение, В	Ток саморазряда, А
1	PS-445	4,5	8	$2,59 \cdot 10^{-3}$
2	Ni-Mn Camelion	1,3	7,2	$0,57 \cdot 10^{-3}$
3	LIR17500	1,1	7,4	$< 5 \cdot 10^{-6}$
4	Д-0,26Д	0,26	9,0	$\leq 100 \cdot 10^{-6}$
5	Ni-Mn GPG	0,17	8,4	$< 78,0 \cdot 10^{-6}$

Отметим, что во время эксперимента все ХИТ термостабилизированы при комнатной температуре ($20^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$), так как изменение температуры ХИТ может привести к дополнительной погрешности в измерениях (из-за влияния температуры на величину напряжения на полюсах ХИТ).

Таким образом:

- а) разработанный макет прибора обеспечивает высокую точность измерения тока саморазряда;
- б) макет прибора допускает измерение тока саморазряда практически для всех основных видов ХИТ при любом состоянии заряженности;
- в) во время измерения исключается подзарядка измерительным током;
- г) макет прибора прост в обращении, не требует специальной подготовки.

Для измерения тока саморазряда достаточно подключить ХИТ к зажимам макета, нажать и отжать кнопку переключателя, установить вручную нулевое показание нуль-гальванометра и через определенное время прочесть показание цифрового вольтметра.

Очевидно, что на основе данного макета можно разработать прибор для измерения тока саморазряда ХИТ с расширенными возможностями как по напряжению (1,5 В и выше), так и по емкости (несколько сот ампер-часов). Этот прибор может найти широкое применение как среди разработчиков и изготовителей ХИТ, так и среди эксплуатационщиков при диагностике вновь разработанных или находящихся в эксплуатации ХИТ благодаря высокой точности, оперативности полученной информации и широкому диапазону напряжений измеряемых ХИТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов В.В., Хашев Ю.М. Химические источники тока. – М.- Советское радио, 1968. – 384.
2. Патент РФ N 2014708, кл. НО217/10/ Г.И. Абрамов, А.Г. Абрамов.- Опубл. 15.06.1994.

ИРФЕ НАН РА. Материал поступил в редакцию 20.11.2013.

Հ.Ռ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Ա.Գ. ՂՈՒԼՅԱՆ, Ռ. Հ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ

ՀՈՍԱՆՔԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՂՔՅՈՒՐՆԵՐԻ ԻՆՔՆԱՎԻԾՔԱԹԱՓՄԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՉԱՓՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

Նկարագրված է հոսանքի քիմիական աղբյուրների (ՀՔԱ) ինքնավիցքաթափման հոսանքը չափող սարքի մակետը: Մակետում ՀՔԱ-ի լարման սկզբնական արժեքը բարձր ճշտությամբ հիշեցվելուց հետո այդ նույն արժեքն օգտագործվում է ՀՔԱ-ի լարման մակարդակը կայուն պահելու համար: Հոսանքը, որն անհրաժեշտ է ՀՔԱ-ի լարման մակարդակը կայուն պահելու համար, չափվում է որպես ինքնավիցքաթափման հոսանք: Ներկայացված են մակետի կառուցվածքային սխեման, տեխնիկական տվյալները, նրա աշխատանքը: Նշված է մակետի հիման վրա ինքնավիցքաթափման հոսանք չափող սարքի պատրաստման նպատակահարմարությունը:

Առանցքային բառեր: հոսանքի քիմիական աղբյուր, լիցքավորում, լիցքաթափում, հոսանք, լարում, ինքնավիցքաթափում:

H.R. SIMONYAN, A.G. GHULYAN, R.H. SIMONYAN

A METHOD FOR MEASURING THE SELF - DISCHARGE CURRENT OF CHEMICAL CURRENT SOURCES

A layout of device for measuring the self-discharge current of chemical current sources is described. The initial value of voltage at the poles of the chemical current source is stored in the layout. Then, the same voltage is applied to keep the voltage at the poles of the source. The current required to stabilize the voltage is measured as a self-discharge current. The functional diagram, principles of operation and specifications of the layout are described. The expedience of developing a device for measuring the self-discharge current on the basis of the layout is proved.

Keywords: chemical current source, charge, discharge, current, voltage, self -discharge.