

# Как сократить время тестирования скорости саморазряда литий-ионных элементов питания?

Джакомо ТУБЕРИ (Giacomo TUBERI)

Рынок литий-ионных элементов питания переживает стремительный рост, что связано с повсеместным распространением электронных устройств. Это требует повышения эффективности элементов питания, имеющих большую емкость. Оптимизация расходов и затрат при их оценке приобретает все большее значение. Новый метод поможет упростить трудоемкую и требующую немалых временных затрат процедуру тестирования скорости саморазряда таких элементов и ускорит выведение продуктов на рынок.

## Что такое саморазряд элемента питания и почему он так важен?

Со временем литий-ионные элементы питания теряют заряд, даже если они не подключены к нагрузке. Такое явление называется саморазрядом. На рис. 1 изображена модель саморазряда в виде параллельного сопротивления  $R_{CP}$ , через которое протекает ток саморазряда  $I_{CP}$ . Если элемент питания

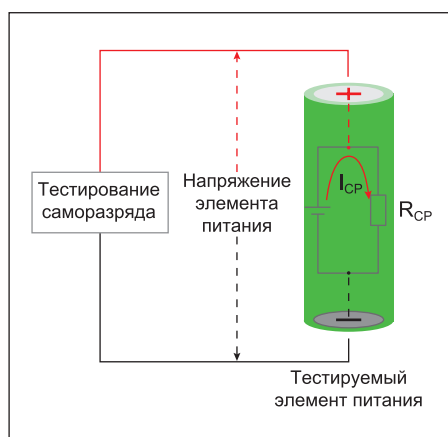


Рис. 1. Модель саморазряда элемента питания:  $R_{CP}$  (сопротивление саморазряда);  $I_{CP}$  (ток саморазряда)

**Новый метод тестирования скорости саморазряда литий-ионных элементов питания сокращает время определения негодных элементов с нескольких недель до нескольких часов, что позволяет сэкономить средства и ускоряет вывод продуктов на рынок.**

не подсоединен к нагрузке, он разряжается через высокоомное сопротивление  $R_{CP}$ . Спустя недели или месяцы подобный канал саморазряда полностью разряжает элемент питания, что приводит к падению  $V_{ЭП}$ .

Некоторая степень саморазряда — нормальное явление, вызванное химическими процессами, происходящими внутри элемента питания. Тем не менее потеря заряда элемента приводит к тому, что его емкость уменьшается. При объединении элементов питания в батарейные блоки различная степень саморазряда отдельных элементов приводит к нарушению баланса внутри такой батареи.

Одной из причин саморазряда также могут быть пути утечки тока внутри элемента питания. Наличие в нем посторонних частиц и рост дендритов вызывают «микротоки», тем самым создавая ток утечки. Эти явления никак не могут считаться нормальными и способны привести к полному выходу элемента из строя. Элементы питания с высоким значением саморазряда характеризуются большей вероятностью скрытого отказа.

Таким образом, измерение и оценка скорости саморазряда элементов питания на этапе разработки и производства устройств весьма актуальны. При разработке элемента питания очень важно устранить возможные причины быстрого саморазряда. В процессе производства требуется как можно раньше выявить все элементы, имеющие признаки высокой скорости саморазряда.

## Трудности и препятствия, связанные с использованием метода измерения напряжения холостого хода

Обычно для оценки скорости саморазряда измеряют снижение напряжения холостого хода с течением времени. Этот метод довольно прост, и для него требуется измерить на-

пряжение с помощью вольтметра или цифрового мультиметра. Проблема заключается не в сложности измерения, а в количестве времени, необходимого для определения скорости саморазряда по показателям изменения напряжения холостого хода.

По сравнению с другими типами перезаряжаемых элементов питания, саморазряд литий-ионных аккумуляторов происходит достаточно медленно. Как правило, они теряют около 0,5–1% заряда в месяц. В связи с тем что  $I_{CP}$  имеет крайне низкие значения, обычно от нескольких микроампер до нескольких сотен микроампер (в зависимости от емкости элемента), напряжение на полюсах источника питания падает очень медленно. Поскольку изменение напряжения холостого хода литий-ионных элементов происходит так медленно, обнаружить какое-либо заметное изменение величины заряда и отбраковать элементы, имеющие повышенную скорость саморазряда, можно только спустя несколько недель или даже месяцев.

Разработчики, пользователи и производители столкнулись с проблемой, которая заключается в потребности быстро измерить скорость саморазряда элементов питания. Время, затрачиваемое на тестирование одного элемента, не очень велико, но серия таких измерений растягивается на долгие недели или месяцы, что серьезно отражается на длительности цикла разработки. В ходе испытаний разработчики должны хранить элемент питания в условиях контролируемой температуры, поскольку в противном случае его напряжение также меняется. Это не только накладывает определенные ограничения на цикл разработки, но и замедляет вывод изделий на рынок. А если в процессе реализации проекта нужно неоднократно проводить измерения, задержка увеличивается в несколько раз. Отсрочка при реализации новых проектов выливается в потерю возможностей и, соответственно, в потенци-

альную утрату доли рынка и конкурентных преимуществ.

При производстве необходимость замедлить скорость саморазряда элементов питания значительно увеличивает количество незавершенных проектов, добавляет трудности и риски, вызванные хранением в течение долгого периода множества элементов. Для источников питания большой емкости эта проблема еще острее: они имеют большее время стабилизации и представляют собой немалую опасность при складском хранении, а кроме того, требуют дополнительных расходов, связанных с инвентарным учетом.

### Метод постоянного потенциала

Для измерения скорости саморазряда элемента питания необходимо лишь измерить его ток саморазряда. Если бы удавалось определить эту величину при статических условиях, можно было бы оценить состояние элемента питания значительно быстрее, чем просто ждать изменения напряжения холостого хода. Измерение напряжения холостого хода, при котором фиксируется падение напряжения с течением времени, представляет собой неточный и косвенный метод измерения скорости саморазряда такого элемента.

Метод постоянного потенциала представлен на рис. 2 и заключается в оценке скорости саморазряда элементов питания путем измерения тока саморазряда  $I_{CP}$ . Скорость саморазряда определяется в кулонах за секунду. Другими словами, это потеря заряда с течением времени. Данный способ позволяет узнать скорость саморазряда элемента намного быстрее, чем метод измерения напряжения холостого хода, и время такой процедуры сокращается до нескольких часов. Элементы питания, имеющие ток саморазряда выше установленного значения, могут быть отбракованы уже через час.

Для того чтобы измерить значение методом постоянного потенциала, к клеммам эле-

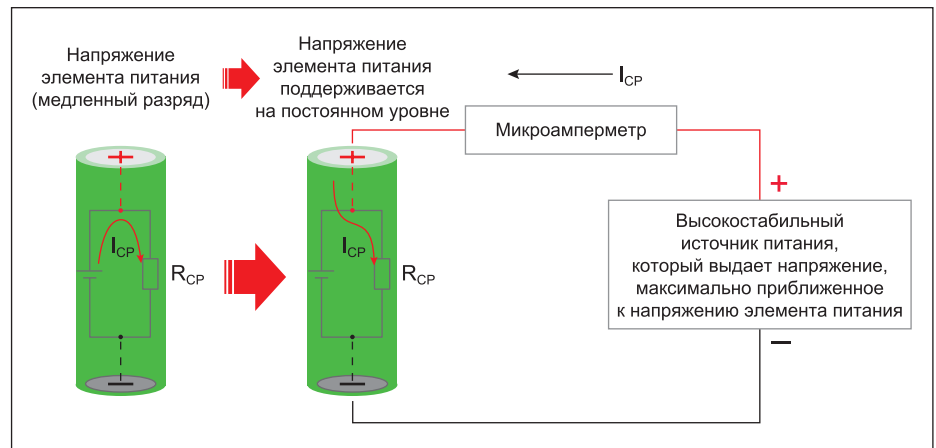


Рис. 2. Метод постоянного потенциала позволяет оценить скорость саморазряда элемента питания путем прямого измерения  $I_{CP}$ ;  $R_{CP}$  (сопротивление саморазряда);  $I_{CP}$  (ток саморазряда)

мента подключают источник постоянного тока с низким уровнем шума и настраивают его на величину напряжения холостого хода элемента. Источник постоянного тока подсоединяется к элементу питания через микроамперметр, который позволяет измерить ток, протекающий по цепи между источником тока и элементом питания. Когда в элементе питания начинается процесс саморазряда, источник тока компенсирует ток утечки, обеспечивая постоянное напряжение и состояние заряда. При наступлении равновесия между источником питания и контролируемым элементом  $I_{CP}$  полностью возмещается не за счет внутреннего заряда, а благодаря подпитке извне. Таким образом, ток саморазряда  $I_{CP}$  можно измерить уже напрямую при помощи микроамперметра.

### Новые решения с использованием метода постоянного потенциала

Специалисты компании Keysight, разработчики и производители элементов питания объединили усилия для решения проблем измерения саморазряда. В ходе такого

сотрудничества были созданы два новых решения: система измерения саморазряда VT2191A и анализатор саморазряда VT2152A. Оба решения используют метод постоянного потенциала для измерения, поддерживают стабильность и разрешение выходного напряжения на уровне 1 мкВ, а также обладают специализированными функциями, обеспечивающими быстрое и точное измерение тока саморазряда элемента питания.

Предназначенная для разработчиков система VT2191A позволяет значительно сократить время измерения саморазряда элемента питания. Она напрямую определяет ток саморазряда в течение всего 1–2 ч в отличие от традиционного метода измерения напряжения холостого хода, который требовал недель или даже месяцев. Помимо измерения тока саморазряда, система фиксирует напряжение на клеммах элемента питания и его температуру. Инженеры могут существенно сократить длительность цикла разработки, оптимизировать характеристики аккумуляторных батарей и обеспечить более быстрое выведение продукции на рынок.

Производители литий-ионных элементов могут использовать новейший анализатор саморазряда VT2152A, способный одновременно измерять ток саморазряда до 32 элементов питания, таким образом, скорость тестирования повышается не только за счет применения нового метода измерения. Что особенно важно, в большинстве случаев годность элементов питания можно определить уже через 30 мин. Это помогает производителям существенно уменьшить площади складских помещений, а также сократить расходы, связанные с оборотным капиталом и стоимостью обслуживания производственных мощностей. На рис. 3 показаны кривые изменения тока саморазряда восьми цилиндрических элементов питания типа 18650, подключенных одновременно. Отклонение характеристик одного из элементов питания от значений остальной группы выявляется уже через несколько минут.

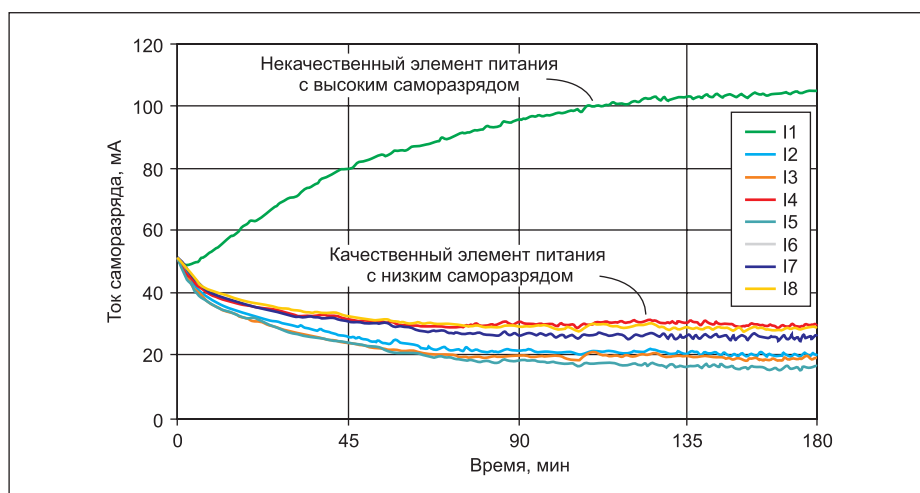


Рис. 3. Кривые тока саморазряда элементов питания, измеренные в ходе отбраковки с помощью VT2152A

## Заключение

Тестирование скорости саморазряда литий-ионных элементов питания чрезвычайно важно. Высокие значения саморазряда характеризуют элементы с большей вероятностью раннего выхода из строя. Такие элементы необходимо выявлять и отделять от годных изделий для предотвращения их

полного выхода из строя, а также для выяснения и устранения причин такого брака на этапах проектирования или производства. Новые решения от компании Keysight, использующие метод постоянного потенциала, позволяют разработчикам и производителям решить проблемы, связанные с проведением измерений саморазряда, за счет радикального сокращения сроков, экономии средств

и ускорения процесса вывода продукции на рынок. Система измерения саморазряда BT2191A — одноканальная система, оптимальная для разработки и оценки параметров элементов питания. Анализатор саморазряда BT2152A имеет до 32 измерительных каналов и является оптимальным инструментом для выявления непригодных элементов питания в процессе производства. ■