

УДК 621.355.001.57

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ

В.Н. Меркушев, А.А. Бояркин

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Приведен обзор средств физического моделирования химических (аккумуляторных) батарей (БХ). Дана краткая характеристика каждого из выделенных типов моделей и имитаторов.

* * *

Наведено огляд засобів фізичного моделювання хімічних (акумуляторних) батарей (БХ). Дана коротка характеристика кожного з виділених типів моделей та імітаторів.

* * *

The paper represents the survey of physical simulation means of chemical storage batteries. Brief characteristics of each of chosen models and simulators types are presented.

Введение

В системах электроснабжения (СЭС) автономных объектов как космического, так и наземного применения в качестве буферного накопителя электроэнергии часто используют химическую аккумуляторную батарею (БХ). В силу своих особенностей она зачастую является одним из основных факторов нестабильной работы СЭС, что приводит к необходимости применения специальных устройств слежения/управления режимами ее работы (например, устройства выравнивания характеристик аккумуляторов, зарядно-разрядные устройства).

При проведении различных типов работ с такими устройствами (отработка, наладка, приемосдаточные испытания, испытания после ремонта), а также с другими устройствами, имеющими отношение к БХ (например, аппаратура регулирования и контроля (АРК) СЭС, контрольно-проверочная аппаратура (КПА)), может возникнуть необходимость в создании специализированного стендового оборудования, в состав которого приходится включать устройство, заменяющее БХ. Например, такая необходимость не один раз возникала при создании комплексов КПА, предназначенных для отработки и приемосдаточных испытаний бортовых АРК СЭС ряда космических аппаратов на ГП ХЗЭА, последним из которых был «Микроспутник».

Обзор литературы показал, что подобного ро-

да устройства почти не описаны. По-видимому, такая задача возникает сравнительно редко. Почти все известные работы, связанные с моделированием БХ, посвящены построению математических моделей, в то время как существует ряд работ, посвященных физическому моделированию первичных источников электроэнергии, например [1]. В связи с этим целью данной статьи является обзор методов имитации БХ средствами физического моделирования, их классификация и краткая характеристика выделенных типов.

Обзор средств моделирования БХ

Ясно, что свойства и характеристики моделей будут полностью определяться задачами, решаемыми моделью.

В зависимости от целей эксперимента и объекта исследований в качестве буферного накопителя энергии (или для его имитации) можно использовать:

1) макет (БХ, состоящая из аккумуляторов типонаминала, отличного от штатного, имеющая емкость, равную емкости штатной БХ);

2) масштабную модель (БХ, состоящая из аккумуляторов того же типонаминала, что используются в штатной БХ);

3) имитатор с заданием характеристик:

- цифровым управляющим устройством;
- опорным элементом;

4) при имитации работы БХ в статических режимах (например, циклирование) можно использовать:

- для имитации заряда БХ:
 - магазин сопротивлений;
 - регулируемый стабилизатор напряжения;
 - реверсивный источник тока,
- для имитации разряда:
 - регулируемый стабилизатор напряжения;

- реверсивный источник тока;

5) при имитации работы БХ в динамических режимах (например, при исследовании переходных процессов) можно использовать:

- регулируемый стабилизатор напряжения;
- реверсивный источник тока.

Приведенная классификация в виде блок-схемы показана на рис. 1.



Рис. 1. Классификация средств физического моделирования химических аккумуляторных батарей

К преимуществам использования масштабных моделей БХ и макетов БХ следует отнести высокую степень адекватности характеристик модели характеристикам штатной БХ, следовательно, и возможность исследования работы устройств почти на всех возможных режимах функционирования штатной батареи.

Основным недостатком такого рода средств имитации БХ является то, что для выхода в нужную рабочую точку необходимо подзарядить или под-разрядить батарею, что занимает много времени. При использовании макета штатной БХ отсутствует возможность имитации эффектов, связанных с отдельным аккумулятором, хотя эффекты, связанные с группой аккумуляторов, симитировать можно.

На рис. 2 изображена схема имитатора БХ с использованием опорного элемента. В качестве

опорного элемента G применяют аккумулятор нужного типоминнала (или группу аккумуляторов). На рисунке обозначены: $A1$ — усилитель характеристик (усилитель напряжения); $K1$ — ключевой элемент, задающий режим имитации заряда или разряда (на рисунке — имитатор в режиме имитации заряда); $R1$ и $R2$ — делитель напряжения.

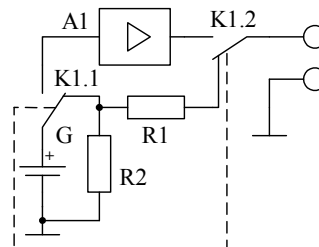


Рис. 2. Схема имитатора БХ с использованием опорного элемента

Этому классу имитаторов присущи те же преимущества и недостатки, что и рассмотренным выше средствам, хотя и в меньшей степени. Так, сте-

пень адекватности характеристик имитатора характеристикам штатной БХ меньше, время выхода на режим (подзаряда или подразряда) тоже меньше. Однако возможность имитации эффектов, связанных с функционированием одного аккумулятора, вообще отсутствует. Следует также предусмотреть цепи защиты опорного аккумулятора от переполосовки.

Итак, можно прийти к выводу, что любым средствам имитации, использующим в своем составе химические источники тока, в большей или

меньшей степени присущи два недостатка: для выхода на нужный режим требуется время и следует предупреждать запредельные режимы БХ (переполосовка или перезаряд). Этим недостаткам лишены имитаторы, в которых характеристики БХ имитируются чисто электронными средствами.

На рис. 3 показаны схемы имитаторов БХ без использования опорного источника. Одной из особенностей имитаторов этого типа является обязательное наличие управляющего устройства, которое задает режимы работы остальных блоков для

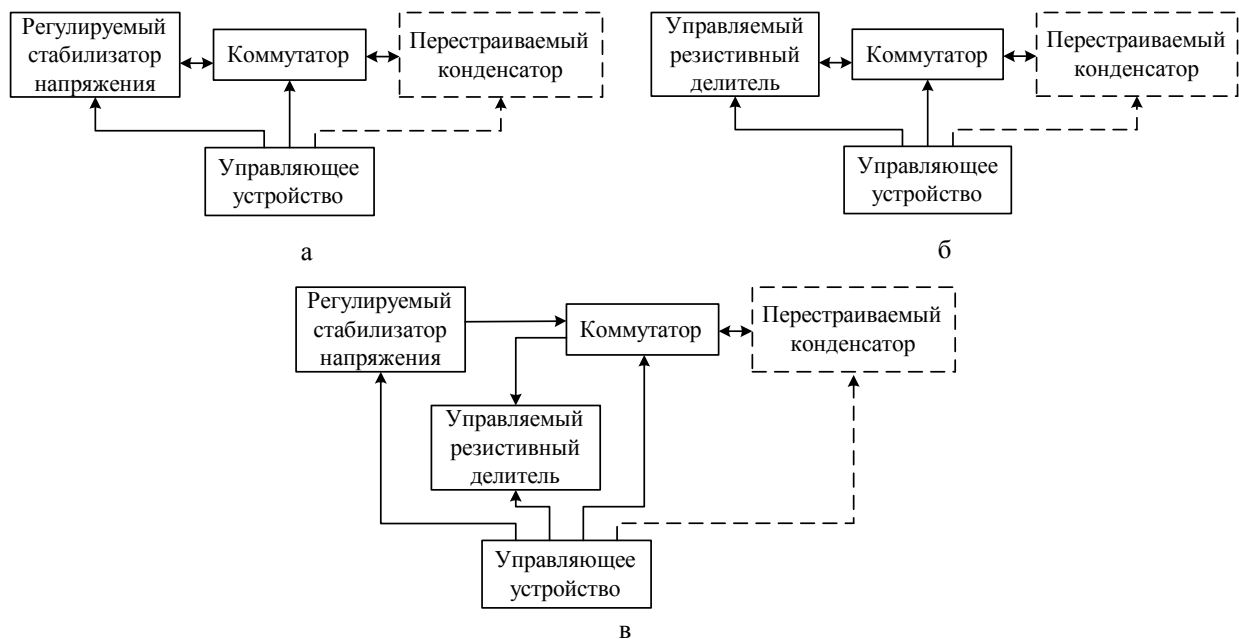


Рис. 3. Схемы имитации БХ без опорного источника: а — с использованием регулируемого стабилизатора напряжения, б — с использованием магазина сопротивлений; в — комбинированный

получения выходных параметров имитатора, совпадающих с параметрами БХ в необходимой рабочей точке на вольт-амперной характеристике (ВАХ). Отсюда следует, что при использовании имитаторов без опорного источника необходимо с требуемой степенью точности знать математическое описание вольт - амперной характеристики БХ.

Схемы, изображенные на рис. 3, а, в, могут имитировать как режим заряда БХ, так и режим разряда, а схема, показанная на рис. 3, б, может имитировать только режим заряда БХ.

Для имитации емкостного характера входного сопротивления БХ можно использовать конденсато-

ры большой емкости, емкостные фильтры или ионисторы. В этом случае с некоторой степенью точности можно имитировать и динамические характеристики БХ (например, при исследовании формы переходных процессов).

Преимуществами этого типа имитаторов являются возможность фактически мгновенного воспроизведения параметров БХ в нужной точке характеристики. При необходимости можно повторить "проход" по некоторому участку ВАХ несколько раз, можно симитировать ВАХ с различными параметрами, например, организовать «завал» характеристики в нужный момент времени.

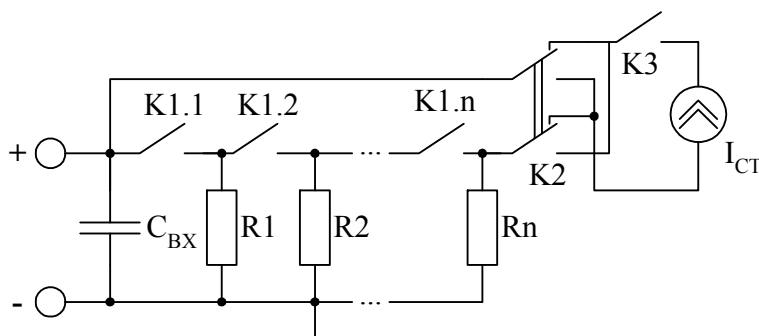


Рис. 4. Схема имитатора аккумулятора с возможностью имитации переполюсовки

На рис. 4 изображена схема имитатора отдельного аккумулятора, позволяющего имитировать все возможные режимы эксплуатации, включая переполюсовку: C_{BX} — емкость для имитации емкостной реакции входного сопротивления БХ; $K1.1 \dots K1.n$ — набор управляемых устройством управления ключей, задающих ток в режиме имитации заряда; $K2$ — ключ, подключающий источник стабилизированного тока при имитации режима переполюсовки аккумулятора; $K3$ — ключ, подключающий источник тока в режимах имитации разряда и переполюсовки.

Для имитации динамических режимов БХ при использовании имитатора необходимо, чтобы устройства имитатора были достаточно быстродействующими, т.е. время собственных переходных процессов в цепях имитатора было хотя бы на порядок меньше длительности переходных процессов в БХ.

Заключение

В заключение следует отметить, что в большинстве случаев для проведения исследований СЭС, в состав которых входят БХ, используются либо макеты БХ [2], либо их масштабные модели [3]. Необходимость в имитаторах, как отмечалось во введении, возникает гораздо реже. Упомянутый во введении имитатор БХ, вошедший в состав комплекса КПА прибора автоматического регулирования и контроля СЭС космического аппарата «Микроспутник», в разработке которого один из авторов принимал непосредственное участие, построен по схеме, показанной на рис. 3, в. Более подробное

описание этой аппаратуры планируется в последующих публикациях.

Материалы данной статьи, а также материалы статей, подобных [1], планируется использовать для разработки методик проектирования стендового оборудования, предназначенного для отработки и испытаний узлов СЭС и СЭС в целом наземного базирования (в частности, на основе ветроэлектростановок).

Литература

1. Безручко К. В., Губин С. В. Обзор и анализ имитаторов солнечных батарей// Электротехника. — 1991. — № 3. — С. 52 — 58.
2. Безручко К. В., Туркин И. Б., Шепетов Ю. А. Испытания системы электроснабжения космического аппарата типа «Микроспутник» на аналого-физической модели// Авиационно-космическая техника и технология. — Х., 1998. — С. 291 — 295.
3. Безручко К. В., Туркин И. Б. Исследование способов продления срока службы аккумуляторных батарей в составе космических энергоустановок// Авиационно-космическая техника и технология. — Х., 2000. — Вып. 21. — С. 83 — 87.

Поступила в редакцию 7.04.03.

Рецензенты: д-р техн. наук, ст. научн. сотрудник Лукин В.В., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»; д-р техн. наук, профессор Кузнецов Б.И., Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков.