

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БАЙПАСНОГО УСТРОЙСТВА

Брянцев А.А.

Научный руководитель: Букреев В.Г., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: 7a96@mail.ru

В настоящее время в современных космических аппаратах повышаются требования к энергооборуженности и срока службы эксплуатации оборудования не менее 20 лет [1, 2]. Определяющими характеристиками таких источников энергии, как литий – ионные аккумуляторные батареи (ЛИАБ), широко используемые в автономных объектах, являются надежность и ресурс. В связи с этим, важное значение имеют свойства таких обязательных элементов аккумуляторов в составе батареи, как байпасные устройства (БУ).

Использование низковольтных контактов в качестве коммутаторов БУ позволяет наиболее эффективно обеспечить переключение силовых цепей ЛИАБ при локализации аварийных аккумуляторов. Одним из вариантов такого решения является промышленно выпускаемое устройство, в котором управление БУ и движение силовых контактов осуществляются последовательно во времени и не связаны между собой электромеханическим преобразованием [3, 4].

Механическое перемещение подвижного контакта, после срабатывания фиксатора термомеханического преобразователя, непосредственно коммутирует цепи аккумулятора и реализует необходимый алгоритм работы байпасного устройства с обязательным выполнением условия неразрывности цепи «электрическая нагрузка – аккумуляторная батарея» (рис.1). Непременным условием для БУ данного типа является обеспечение минимального переходного сопротивления $R_{пер}$ контактов во всех режимах его работы, это связано с изменением свойств и характеристик поверхностного слоя материалов контактов, которые могут способствовать увеличению переходного сопротивления.

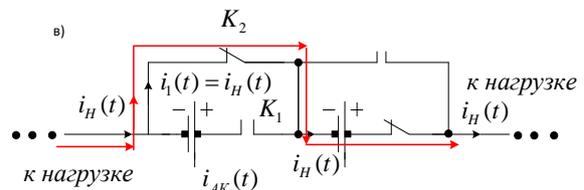
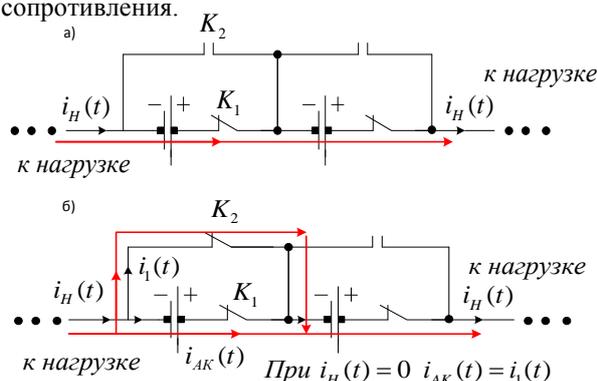


Рис. 1. Схема переключения контактов байпасного устройства на примере двух аккумуляторов: а) нормально эксплуатационный режим; б) режим короткого замыкания аварийного аккумулятора; в) режим локализации аварийного аккумулятора.

Возможность холодного сваривания подвижного и неподвижного контактов при длительном хранении и эксплуатации байпасного устройства повышает вероятность появления нежелательных явлений в пограничных слоях контактирующих материалов [5].

Кроме того, при возникновении искровых явлений и дугового разряда между неподвижным и набегающим контактами, могут возникать значительные повреждения поверхностей контактов БУ, что будет приводить к возрастанию переходного сопротивления после переключения устройства - в режиме локализации аварийного аккумулятора.

В докладе рассматривается модификация БУ (рис. 2) промышленно выпускаемого устройства [3]. Расположение неподвижных контактов 9 и 11 на разном расстоянии от среднего неподвижного контакта 10, а также выполнение отверстий в них с одинаковыми радиусами закругления R_1 определяют стабильное значение переходное сопротивление контактов после активации байпасного устройства [6].

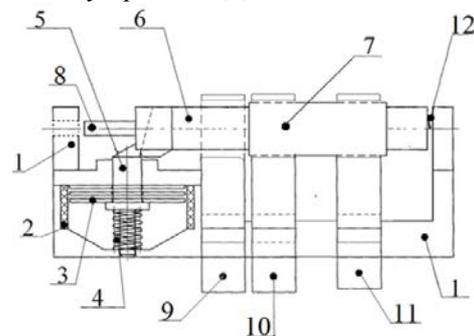


Рис. 2. Байпасное устройство в исходном - не активированном состоянии:

корпус 1; термомеханический преобразователь 2; набора тарельчатых элементов 3; двойная цилиндрическая пружина 4; фиксатором 5; исполнительном механизме 6; подвижный контакт 7; стопором 8; неподвижные контакты 9, 10 и 11; рабочая пружина 12.

Выполнение фасок отверстия неподвижного контакта 9, расположенного по направлению движения подвижного контакта 7 с одинаковым радиусом закругления R_2 , не более 100 мкм, обуславливает равномерное распределение электрических зарядов по внешней поверхности контакта 9, что исключает появление искры с последующим возникновением дуги в окрестности сближающихся контактов 7 и 9 [7]. Это делает возможным сохранение качества поверхностного слоя подвижного электрического контакта 7 в процессе его движения и обеспечивает стабильное переходное сопротивление между неподвижным 9 и подвижным контактом 7 после активации байпасного устройства.

С учетом данных особенностей работы байпасного устройства, рассматривается несколько методов оценки значений переходного сопротивления контактов, позволяющих получить определенные функциональные зависимости от параметров внешней среды [8 - 12]. При этом предполагается, что сопротивление поверхностных пленок на контактах БУ имеет незначительную величину и не оказывает существенного влияния на процессы холодной сварки металлов.

Для конкретной конструкции байпасного устройства и материалов его составных элементов выполнен сравнительный анализ методов расчета переходного сопротивления контактов, отражающий влияние основных характеристик соприкасающихся поверхностей (рис.3). В результате сравнения с экспериментальными данными установлено, что одним из адекватных методов расчета переходного сопротивления $R_{ПЕР}$ можно считать метод, приведенный в [8].

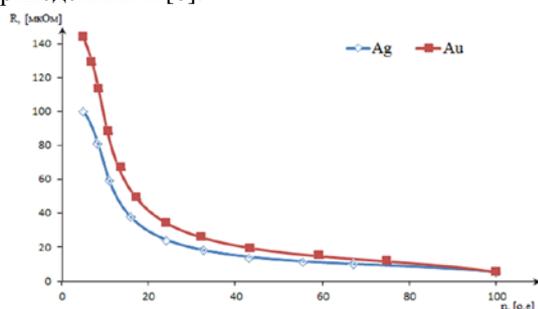


Рис. 3. График переходного сопротивления контактов.

Для расчетов используется зависимость: $\frac{1}{R_{ПЕР}^n} = \frac{2}{\rho} \sum_{i=1}^n \alpha_i$, где ρ – удельное сопротивление эквивалентного проводника; α – радиус круговой поверхности соприкосновения; n – количество контактных площадок.

Такая зависимость учитывает наличие неровностей (микрошероховатостей) на поверхности контактов, параметры точек соприкосновения (параллельно включённых сопротивлений отдельных областей стягивания), изменение характеристик контактирующих поверхностей, температурную нестабильность внешней среды.

Литература

1. Каменев В. Е., Черкасов В. В., Чечин Г. В. Спутниковые системы связи. М.: Военный парад, 2010. С.341 – 343.
2. Груздев А. И. // Электрохимическая энергетика. 2011. Т. 11, №3. С. 128 – 135.
3. <http://www.saturn.kuban.ru/> - официальный сайт ОАО «Сатурн».
4. Патент РФ № 2415489 Байпасный переключатель/ Галкин В.В., Шевченко Ю.М., Бледнова Ж.М., Проценко Н.А. Опубликовано: 27.03.2011.
5. Айнбиндер С.Б. Холодная сварка металлов. – Рига, Изд.-во АН Латв. ССР, 1957. – 162 с.
6. Торхов Н.А., Новиков В.А. Влияние периферии контактов металл-полупроводник с барьером Шоттки на их электрофизические характеристики. //Физика и техника полупроводников, 2011, том 45, вып. 1, С. 70-86.
7. Чуприк А.А. Развитие методов сканирующей зондовой микроскопии для исследования электрофизических свойств материалов нанoeлектроники и структур на их основе: Автореф. дис... канд. физ.-мат. наук. – Долгопрудный, МФТИ (ТУ), 2005. – 10-14 с.
8. Хольм Р. Электрические контакты. Пер. с англ. – М.: изд.-во иностр. лит., 1961. – 20-56 с., 203-206 с.; Усов В.В. Металловедение электрических контактов. М.: Госэнергоиздат, 1963. – 58 с.
9. Сахаров П. В. Проектирование электрических аппаратов. Общие вопросы проектирования: учебное пособие. — М.: Энергия, 1971. — 560 с.
10. Мерл В. Электрический контакт. Теория и применение на практике. М. – Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 80 с.
11. Родштейн Л. А. Электрические аппараты: учебное пособие, 4-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1989. — 304 с.
12. Чунихин А. А. Электрические аппараты. Общий курс : учебник для вузов, 4-е изд., стер. — М.: Альянс, 2008. — 720 с.