

Использование экспериментальных вольт-амперных характеристик герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов систем электроснабжения стартовых комплексов для экспресс-диагностики этих аккумуляторов

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»
им. М.К. Янгеля*

Показана необходимость использования источников бесперебойного электропитания на основе электрохимических аккумуляторов в системах электроснабжения стартовых комплексов космических ракетных комплексов. Представлен обзор источников бесперебойного питания, используемых на современных стартовых комплексах. Рассмотрена методика применения вольт-амперных характеристик электрохимических аккумуляторов для их экспресс-диагностики. Приведены экспериментально полученные вольт-амперные характеристики герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов производства фирмы FAAM при различных степенях заряженности аккумуляторов. Описано экспериментальное определение начального напряжения, внутреннего сопротивления и тока короткого замыкания.

Ключевые слова: свинцово-кислотный аккумулятор, вольт-амперная характеристика, экспресс-диагностика, напряжение, сопротивление, ток.

Введение

Как известно, технологический процесс подготовки к пуску ракеты-носителя и самого пуска характеризуется жесткой циклограммой работы технологического оборудования, пикообразным графиком потребляемой мощности и высокой требуемой степенью надежности технологического оборудования. Одним из важнейших элементов стартовых комплексов, обеспечивающих подготовку и пуск ракеты-носителя, является система электроснабжения. В связи с тем, что большая часть технологического оборудования относится к приемникам 1-й категории, к системам электроснабжения стартовых комплексов предъявляются очень строгие требования по непрерывности подачи электроэнергии.

В настоящее время для улучшения показателей качества электроэнергии на стартовых комплексах используют системы автономного электроснабжения, способные обеспечивать надёжное электроснабжение потребителей как совместно с энергосистемой, так и без связи с ней. В то же время основным компонентом систем автономного электроснабжения являются системы гарантированного электропитания, в состав которых входят источники бесперебойного электроснабжения, содержащие электрохимические аккумуляторы. На современном этапе развития ракетно-космической техники существуют десятки видов и типоразмеров электрохимических аккумуляторов, многие из которых применяют в составе источников бесперебойного питания.

Данная статья посвящена исследованию возможности использования экспериментальных вольт-амперных характеристик герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов для их экспресс-диагностики и дальнейшего исследования возможности применения аккумуляторов в составе источников

бесперебойного питания систем электроснабжения стартовых комплексов современных космических ракет-носителей.

1. Постановка задачи

На данный момент в мире существуют десятки космодромов, одни из которых находятся в постоянной эксплуатации, другие законсервированы или выведены из эксплуатации, третьи на данный момент находятся в состоянии модернизации или строительства. Одним из таких строящихся космодромов является космодром Алкантара в Бразилии (штат Моранью), на котором запуски будут проводиться с помощью ракетно-космического комплекса «Циклон-4». Данные работы выполняются Украиной по комплексному договору с Бразилией.

В настоящее время на эксплуатируемых космодромах используются разные источники бесперебойного электроснабжения, сильно отличающиеся как по мощности, так и по классу входящих в их состав аккумуляторов (табл. 1) [1].

Таблица 1

Количество аккумуляторов и батарей в составе системы электроснабжения современного стартового комплекса космического ракетного комплекса

Емкость, А·ч	ИБП, шт.	Батареи, шт.		Аккумуляторы, шт.	
		Никель-кадмиевые	Свинцово-кислотные	Никель-кадмиевые	Свинцово-кислотные
30	4	160	96	1600	960
40	4	160	96	1600	960
60	4	160	96	1600	960
Всего, шт.	12	480	288	4800	2880

Как видно из приведенной выше таблицы, на данный момент, не существует определенных критериев по выбору наиболее эффективных источников бесперебойного электропитания и аккумуляторов, входящих в их состав.

Таким образом, для построения систем гарантированного электроснабжения стартового комплекса ракетно-космического комплекса «Циклон-4» было предложено использовать источники бесперебойного электроснабжения на основе свинцово-кислотных аккумуляторов производства фирмы FAAM.

Однако для эффективной эксплуатации аккумуляторов в составе источников бесперебойного электроснабжения необходимо иметь возможность быстрого и, главное, точного определения характеристик аккумуляторов в любой момент их эксплуатации. Для этого в лаборатории автономной энергетики Национального аэрокосмического университета «ХАИ» была разработана методика экспресс-диагностики электрохимических аккумуляторов [2].

Согласно данной методике вначале получают вольт-амперные характеристики аккумуляторов, с помощью которых далее определяют следующие характеристики аккумуляторов: напряжение аккумулятора в отсутствие тока U_0 , активное внутреннее сопротивление r и ток короткого замыкания $I_{кз}$.

В этой статье авторы исследуют вопрос использования экспериментальных вольт-амперных характеристик герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов производства фирмы FAAM (FTS12-7,2, FHP12-24, FLL12-31, FHP12-42) [3] для их

экспресс-диагностики в составе источников бесперебойного питания системы электроснабжения стартового комплекса космического ракетного комплекса «Циклон-4».

2. Экспресс-диагностика герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов

Согласно методике экспресс-диагностики, разработанной в лаборатории автономной энергетики «ХАИ», аккумуляторы подвергаются воздействию тестового сигнала специальной формы в виде последовательности прямоугольных импульсов тока разного знака с паузами между импульсами. При этом исследуется отклик по напряжению данного аккумулятора на данный тестовый сигнал.

С помощью данных по отклику строятся вольт-амперные характеристики аккумуляторов. Полученные нами вольт-амперные характеристики могут быть описаны следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} U_1 = U_0 - r \cdot I_1 \\ U_2 = U_0 - r \cdot I_2 \\ U_3 = U_0 - r \cdot I_3 \end{cases}$$

Данная система уравнений содержит два неизвестных на три уравнения, что позволяет вычислить значения r и U_0 двумя разными способами и усреднить результат для снижения погрешности.

Зная значения r и U_0 , можно определить ток короткого замыкания

$$I_{КЗ} = \frac{U_0}{r}.$$

3. Экспериментальные вольт-амперные характеристики

Для отработки методики экспресс-диагностики аккумуляторов на герметичных свинцово-кислотных аккумуляторах нами были получены вольт-амперные характеристики следующих аккумуляторов: FTS12-7,2, FHP12-24, FLL12-31, FHP12-42. Определение данных характеристик проходило при различных степенях заряженности этих аккумуляторов. Результаты проведенной работы показаны в виде графиков на рис. 1-3.

4. Использование экспериментальных вольт-амперных характеристик для экспресс-диагностики герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов

С помощью приведенных выше вольт-амперных характеристик (рис. 1-2) и вольт-амперной характеристики, полученной для аккумуляторов, находящихся в реальной эксплуатации (рис. 4), нами были определены характеристики герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов FTS12-7,2, FHP12-24, FLL12-31 и FHP12-42, предлагаемых для использования в составе источников бесперебойного питания систем электроснабжения стартовых комплексов ракетно-космического комплекса «Циклон-4» (табл. 2).

Заключение

Проведенный нами анализ вольт-амперных характеристик герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов показал, что при больших токах внутреннее сопротивление аккумуляторов не зависит от степени заряженности аккумулятора. Для получения прямых вольт-амперных зависимостей необходимо работать в диапазоне токов более 8А.

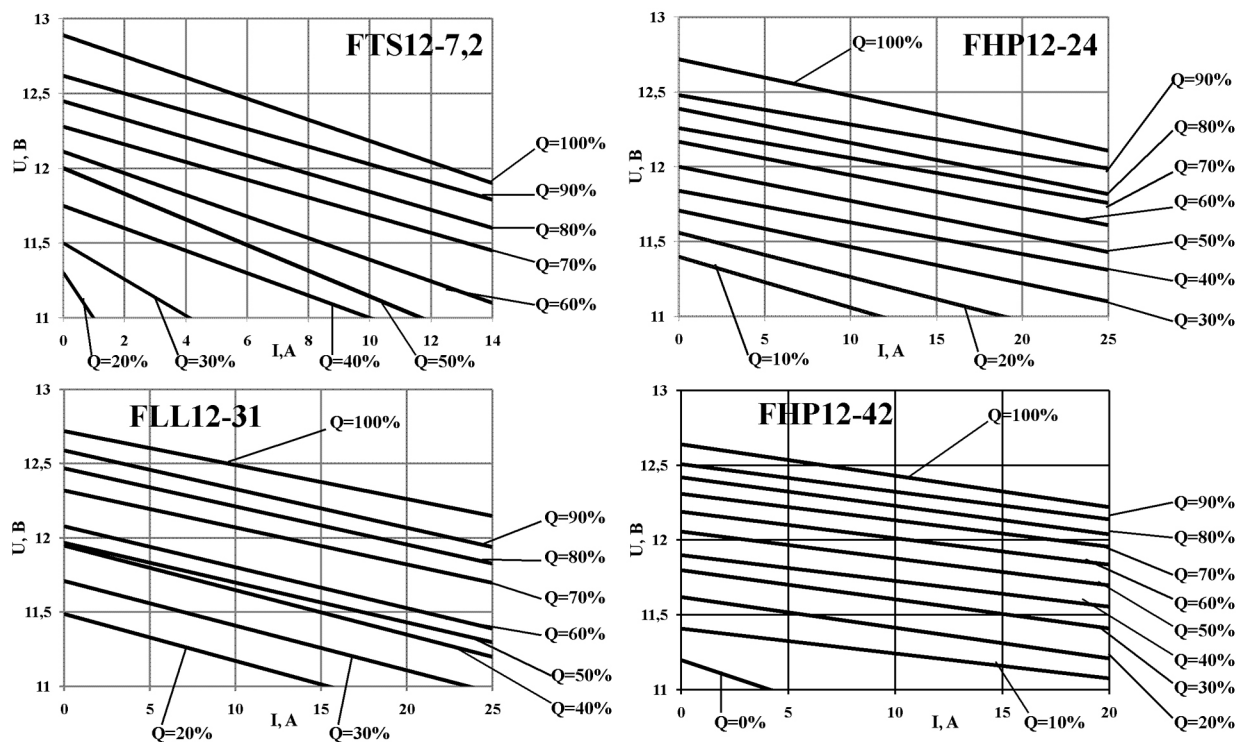


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики аккумуляторов при различных степенях заряженности аккумуляторов

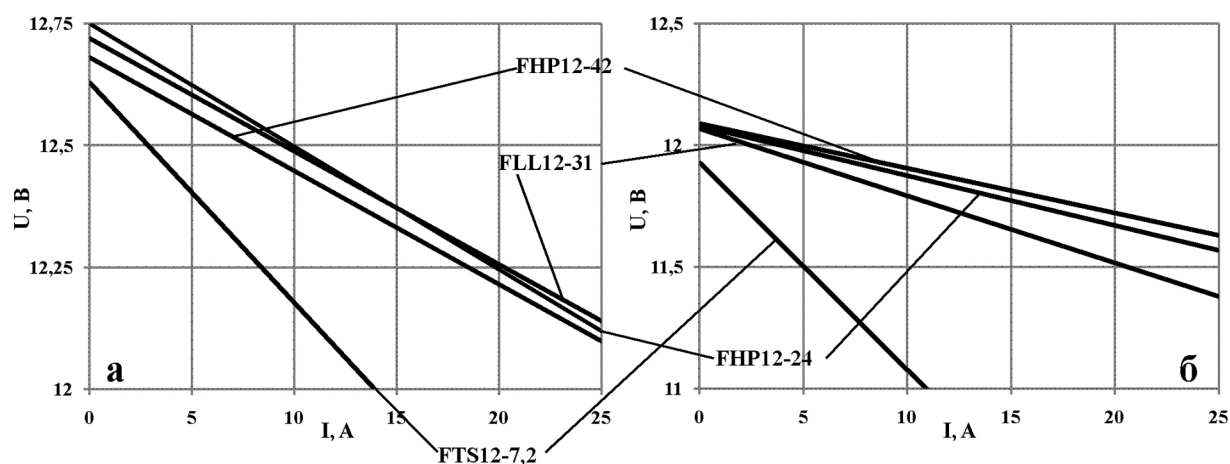


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики аккумуляторов при степенях заряженности аккумуляторов 100% (а) и 50% (б)

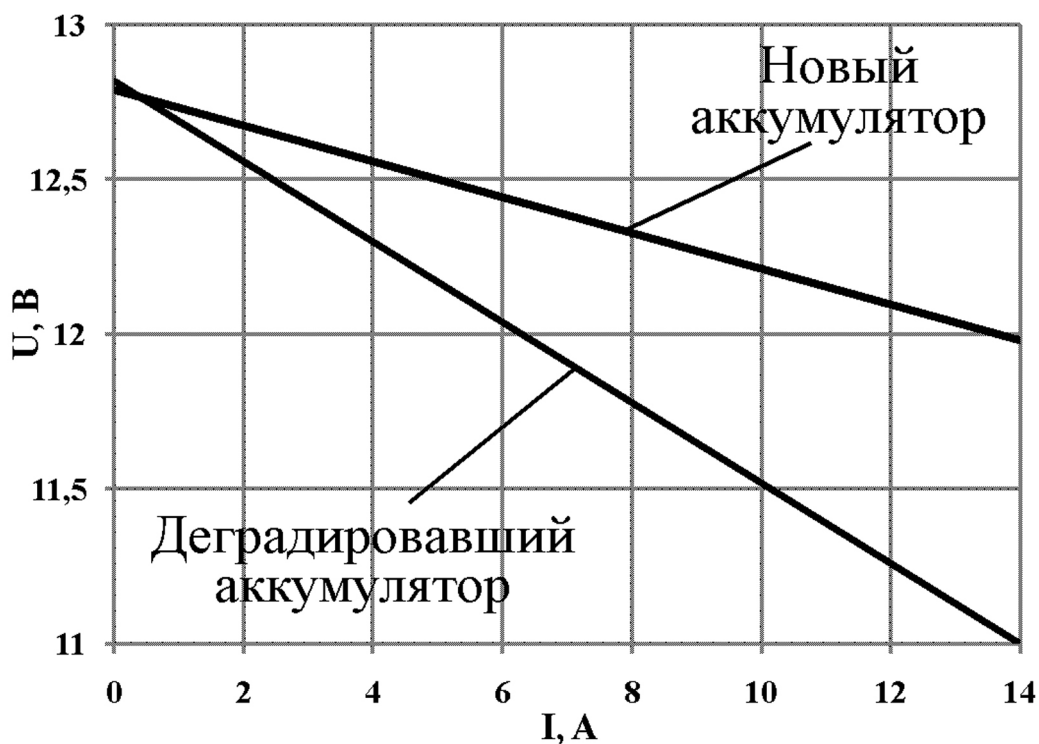


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики нового и деградировавшего FTS12-7,2 аккумулятора при степени заряженности 100%

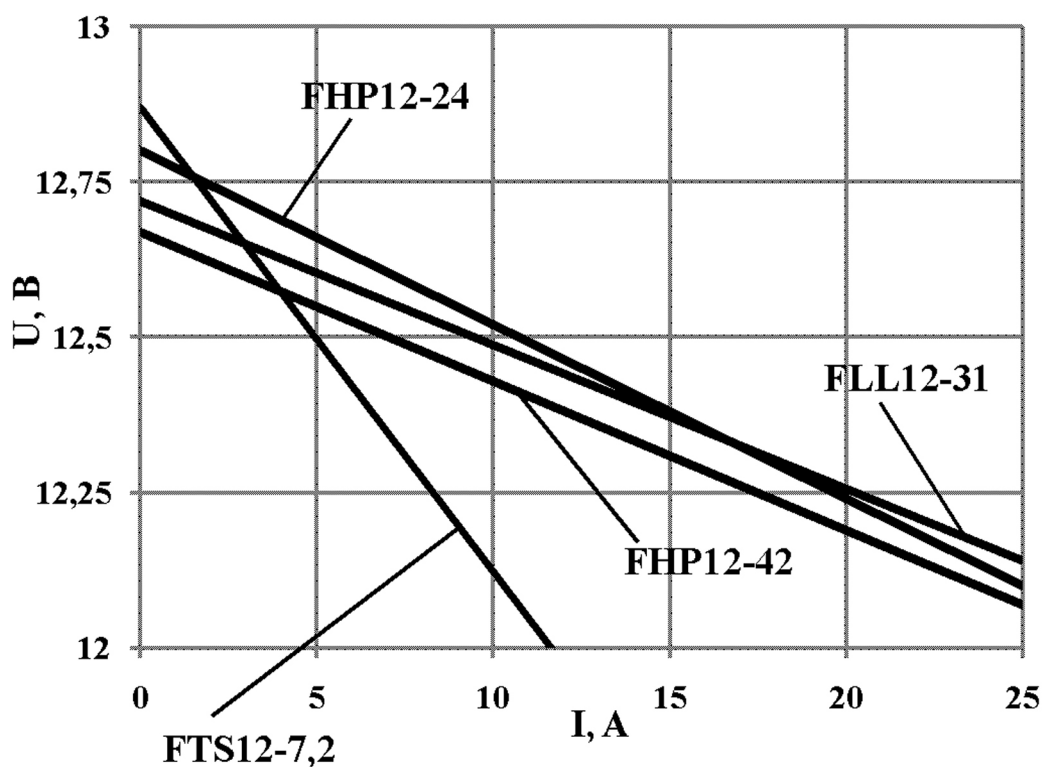


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика аккумуляторов, в составе источников бесперебойного питания

Таблица 2

Значения параметров аккумуляторов, определенных с помощью вольт-амперных характеристик

Аккумулятор	U_0 , В	r , Ом	$I_{кз}$, А
FTS12-7,2	12,99	0,08	163
FHP12-24	12,84	0,03	431
FLL12-31	12,76	0,02	517
FHP12-42	12,71	0,03	498

Анализ параметров, полученных на основе экспериментальных вольт-амперных характеристик свинцово-кислотных аккумуляторов, показал, что в составе источников бесперебойного снабжения систем электроснабжения стартовых комплексов космического ракетного комплекса «Циклон-4» могут быть использованы аккумуляторы серий: FHP12-24, FLL12-31 и FHP12-42.

Аккумуляторы серии FTS12-7,2 не подходят для такой эксплуатации в результате того, что аккумуляторы данной серии обладают высоким активным внутренним сопротивлением и низким током короткого замыкания.

Таким образом, видно, что использование вольт-амперных характеристик при экспресс-диагностике электрохимических аккумуляторов, позволяет быстро и точно получать эксплуатационные характеристики аккумуляторов и с помощью них делать выводы о целесообразности дальнейшей эксплуатации данных аккумуляторов.

Данный принцип экспресс-диагностики электрохимических аккумуляторов был заложен в устройство для экспресс-диагностики аккумуляторов BSTD-6000, предназначенное для работы в условиях космодрома Алкантара.

Список литературы

1. Создание научно-технических основ обеспечения длительного ресурса и гарантированного энергоснабжения аэрокосмической техники и наземного транспорта: отчет о НИР (заключительный): Г402-14/2009 / Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т»; рук. Безручко К. В.; исполн. Безручко К. В., Азарнов А. Л. и др. – Х., 2011. – 88с. - №ГР 0108U010995.

2. Безручко, К. В. Диагностика электрохимических аккумуляторов энергоустановок летательных аппаратов [Текст] / К. В. Безручко, А. О. Давидов, С. В. Синченко и др. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2009. – № 48. – Х., – С.138-143.

3. Аккумуляторы производства фирмы FAAM Group [WWW document]. URL <http://www.faam.com/en/stand-by-products/> (30 августа 2012).

Рецензент: д-р техн. наук, проф. кафедры ракетно-космических двигателей и энергоустановок летательных аппаратов А.В. Амброжевич, Национального аэрокосмического университета им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 28.09.2012

Використання експериментальних вольт-амперних характеристик герметичних свинцево-кислотних акумуляторів систем електропостачання стартових комплексів для експрес-діагностики таких акумуляторів

Показано необхідність використання джерел безперебійного електроживлення на базі електрохімічних акумуляторів в системах електропостачання стартових комплексів космічних ракетних комплексів. Наведено огляд джерел безперебійного електроживлення, які використовуються на сучасних стартових комплексах. Розглянуто методику використання вольт-амперних характеристик електрохімічних акумуляторів для експрес-діагностики таких акумуляторів. Показано експериментально отримані вольт-амперні характеристики герметичних свинцево-кислотних акумуляторів, які було вироблено на фірмі FAAM, при різноманітних мірах зарядженості акумуляторів. Описано експериментальне визначення початкової напруги, внутрішнього опору та струму короткого замикання.

Ключові слова: свинцево-кислотний акумулятор, вольт-амперна характеристика, експрес-діагностика, напруга, опір, струм.

The use of experimental current-voltage characteristics of sealed lead-acid battery of power systems of launcher for rapid diagnosis of these batteries

Need for using of uninterruptible power supply based on electrochemical batteries in power systems of launcher of space rocket system is shown. Overview of uninterruptible power supplies used in modern launchers shows. Technique of application of the current-voltage characteristics of electrochemical batteries for rapid diagnosis of these batteries is considered. Experimentally obtained current-voltage characteristics of sealed lead acid batteries, manufactured by FAAM, and with different battery charge are shown. Experimental determination of the initial voltage, internal resistance and short circuit current are shown.

Keywords: lead-acid battery, current-voltage characteristics, rapid diagnostics, voltage, resistance, current.