

# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА БАЗЕ LABVIEW

Карамуллин Т.Х.<sup>1</sup>, Джамалов Н.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карамуллин Тимур Халитович – студент магистратуры;

<sup>2</sup>Джамалов Нутпулла Камалович - кандидат технических наук, и.о. доцента,  
кафедра механики, механико-математический факультет,

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

**Аннотация:** в статье описывается прототип информационно-измерительного комплекса системы энергоснабжения космического аппарата, его программная и аппаратная части. Данный комплекс создан для сбора информации о состоянии системы энергоснабжения космического аппарата и обладает возможностью управления этой системой. Программная часть выполнена в виде виртуального прибора в среде программирования LabVIEW, позволяющего осуществлять мониторинг различных параметров в режиме реального времени и управлять режимами работы системы энергоснабжения.

**Ключевые слова:** космический аппарат, система энергоснабжения, LabVIEW.

Актуальность темы исследования проекта информационно-измерительного комплекса связана с необходимостью решения проблемы контроля и эффективного использования ресурсов системы энергоснабжения (СЭС) космического аппарата (КА).

Система энергоснабжения космического аппарата является одной из важнейших систем, обеспечивающих работоспособность КА, поскольку для функционирования любой из его частей необходима электроэнергия.

В общем смысле, СЭС КА состоит из следующих частей:

- Первичный источник, получающий электроэнергию из каких-либо других видов энергии. Примером первичного источника являются солнечные батареи. Из-за специфики функционирования в космических условиях, выработка и потребление электроэнергии неравномерны, что приводит к необходимости использования буферных источников энергии.

- Буферный источник, в качестве которого обычно выступает аккумулятор, способен накапливать излишки электроэнергии и отдавать их, тем самым стабилизируя работу СЭС.

- Система распределения электроэнергии, которая связывает источник с соответствующим потребителем тока на борту КА и обеспечивает контроль этого процесса [1].

Одним из основных требований, предъявляемых к СЭС является способность своевременного реагирования на деградацию элементов системы. Буферные аккумуляторные источники энергии особенно подвержены израсходованию ресурса, что приводит к разбалансировке характеристик аккумуляторных элементов. В свою очередь, разбалансировка не только ухудшает качество работы СЭС, но и может привести к полному выходу из строя всей системы.

Разбалансировка аккумуляторных батарей заключается в появлении разности ёмкостей различных аккумуляторных элементов в составе батареи. Элементы с меньшей ёмкостью заряжаются быстрее, что приводит к недозаряду остальных, более ёмких элементов. С другой стороны, при разряде «слабые» элементы быстрее разряжаются, не позволяя реализовать весь потенциал более «сильных» элементов. Таким образом, один деградировавший аккумуляторный элемент ухудшает свойства всей батареи [2]. В таком случае необходимо гибкое управление всеми аккумуляторными ячейками, которое заключается в возможности отключения любого элемента из общей сборки.

Создание удобной автоматизированной системы сбора, обработки и передачи информации о состоянии СЭС КА является важным критерием для своевременного реагирования на изменение параметров этой системы, управления и будущего прогнозирования её состояния. Сложность интерпретации результатов мониторинга различных параметров может стать причиной возникновения непредвиденных проблем, поэтому возникает потребность в разработке комплекса устройств и программных решений, призванных решить проблему взаимодействия человека со сложной технической системой.

С целью решения этих проблем разработан виртуальный прибор на базе программного обеспечения LabVIEW, который призван обрабатывать и визуализировать информацию об изменении физических параметров СЭС, а также участвовать в процессе управления этой системой.

LabVIEW (National Instruments) - это программное обеспечение для разработки и выполнения программ, которое позволяет создавать виртуальные приборы, выполняющие сбор, обработку и визуализацию данных с различных устройств ввода/вывода. Главной особенностью данного программного обеспечения является его язык программирования – графический язык «G», основанный на архитектуре потоков данных. Виртуальный прибор имитирует элементы управления реальных приборов и способен выполнять широкий спектр задач [3-5].

Информационно-измерительный комплекс (ИИК) - это совокупность функционально связанных устройств и программного обеспечения, которая реализует заданное информационное обслуживание контролируемого объекта - автоматизированный сбор, представление, передачу, обработку и хранение измерительной информации.

Информационно-измерительные системы применяют как автономно, так и в составе автоматизированных комплексов, создаваемых в результате интеграции вычислительной и измерительной техники, устройств ввода-вывода и средств связи [6].

Разработанный ИИК состоит из виртуального прибора LabVIEW, выступающего в качестве пользовательского интерфейса, и аппаратных средств получения данных о состоянии физических параметров системы энергоснабжения.

Разработанный ИИК позволяет получать информацию о состоянии каждого элемента аккумуляторной батареи, оперативно реагировать на изменения и управлять режимами работы батареи. Для этого ему необходима информация о следующих параметрах: напряжение на элементе, сила тока в цепи, температура элемента.

Для получения этих данных использовался набор датчиков тока и напряжения на базе микросхемы INA219, датчики температуры DS18B20, модули реле и микроконтроллер ATmega328P [7-9]. В качестве аккумуляторов используются две параллельно соединенные сборки, каждая из которых состоит из двух последовательно соединенных литий-ионных аккумуляторов. В качестве первичного источника питания, для зарядки аккумуляторов используется регулируемый источник постоянного напряжения, работающий от сети. Указанные датчики собирают данные о состоянии аккумуляторных батарей. Микроконтроллер осуществляет контроль за всеми датчиками, управляет сбором полученных данных и перенаправляет их в персональный компьютер, на котором установлен виртуальный прибор. С помощью виртуального прибора можно управлять модулями реле, которые позволяют гибко настраивать время зарядки и отключать аккумуляторные элементы из общей сборки. Блок-схема аппаратной части комплекса показана на рисунке 1.

Виртуальный прибор, установленный на компьютер в виде отдельной программы, принимает строку данных через последовательный порт и разбивает её на отдельные значения, производит обработку и визуализацию всех данных. В случае обнаружения критических значений виртуальный прибор способен автоматически отправлять команды контроллеру, корректирующие работу системы энергоснабжения. Помимо этого, существует возможность ручного управления модулями реле.

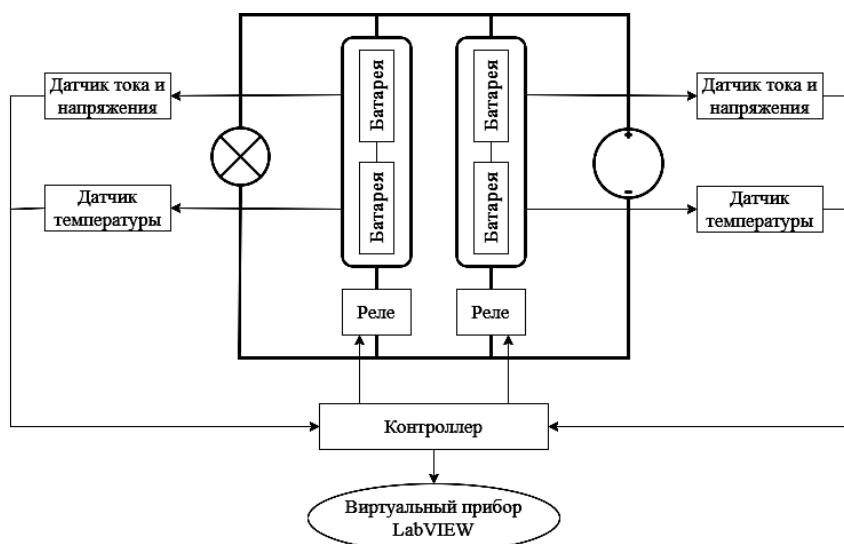


Рис. 1. Блок-схема аппаратной части информационно-измерительного комплекса

Лицевая панель виртуального прибора содержит элементы управления прибором и элементы визуализации данных. Значения параметров напряжения, тока, температуры, а также текущее время выводятся на лицевую панель в виде графиков, в табличном и графическом виде. Также показываются текущие значения всех параметров. На лицевой панели находится общая схема аккумуляторной сборки и элементы управления модулями реле. Помимо этого, есть элементы управления самим виртуальным прибором: кнопки остановки и выхода из программы и элемент выбора серийного порта.

Разработанный информационно-измерительный комплекс системы энергоснабжения космического аппарата предназначен для работы с различными типами аккумуляторных батарей, позволяет реализовывать различные алгоритмы эксплуатации аккумуляторов и может быть использован для отработки и анализа различных режимов функционирования систем энергоснабжения космических аппаратов в земных условиях.

#### Список литературы

1. Петровичев М.А., Гуртов А.С. Система энергоснабжения бортового комплекса космических аппаратов: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. Аэрокосм. ун-та, 2007. 88 с.: ил.
2. Sihua Wen., 2009. Cell balancing buys extra run time and battery life. Analog Application Journal, Texas Instruments. Pp. 14-18.
3. Bress T. Effective Labview Programming. New York: NTC Press, 2013. 720 p.

4. Знакомьтесь: LabVIEW – National Instruments // NI.COM: официальный сайт National Instruments. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html/> (дата обращения: 22.01.2020).
5. *Kalkman C.J.* LabVIEW: A software system for data acquisition, data analysis, and instrument control. J Clin Monitor Comput 11, 51–58, 1995.
6. *Крюков В.В.* Информационно-измерительные системы. Учебное пособие. Владивосток: ВГУЭС, 2000. 102 с.
7. INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I<sup>2</sup>C Interface: официальная техническая документация // Texas Instruments Incorporated, 2015. 38 с.
8. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer: официальная техническая документация // Maxim Integrated Products, 2015. 20 с.
9. ATmega48PA/88PA/168PA/328P: официальная техническая документация // Atmel Corporation. San Jose (США), 2009. 448 с.