

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туев В.И. Учет насыщения дрейфовой скорости носителей при аппроксимации вольт-амперных характеристик полевых транзисторов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2007. – № 1(15). – С. 51–56.
2. Жаркой А.Г., Туев В.И. Аппроксимация вольт-амперных характеристик МДП-полевых транзисторов // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 1988. – № 5. – С. 69–70.
3. Жаркой А.Г., Туев В.И. Аппроксимация вольт-амперных характеристик GaAs ПТШ со стабильными областями отрицательного сопротивления // Техника средств связи. Сер. Радиоизмерительная техника. – 1988. – Вып. 8. – С. 36–41.
4. Жаркой А.Г., Пушкарев В.П., Туев В.И. Аппроксимация и расчет нелинейных токов в полевых тетрадах // Радиотехника. – 1988. – № 4. – С. 10–13.
5. Балдин В.А., Лазунин Ю.А. Вольт-амперные характеристики полевых транзисторов с затвором Шоттки // Радиотехника. – 1990. – № 8. – С. 23–25.
6. Балыко А.К., Ковтунов Д.А., Тагер А.С. Вольт-амперные характеристики полевых транзисторов при отрицательных напряжениях сток-исток // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. – 1989. – Вып. 5(419). – С. 16–17.
7. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах: Справочник / В.В. Бачурин, В.Я. Ваксенбург, В.П. Дьяконов. – М.: Радио и связь, 1994. – 280 с.
8. Шустов М.А., Шустов А.М. Аппроксимация семейства ВАХ полевых транзисторов экспоненциально-логарифмическим уравнением // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Матер. VIII Всеросс. научно-техн. конф. – 4–6 декабря 2002 года, Томск: ТПУ, 2002. – Т. 1. – С. 31–34.
9. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1962. – 609 с.

Поступила 16.01.2009 г.

УДК 621.31

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Ю.М. Казанцев^{2,3}, Ю.А. Кремзуков^{1,2}

¹НИИ автоматики и электромеханики при ТУСУР, г. Томск

²Томский политехнический университет

³Научно-производственный центр «Полюс», г. Томск

E-mail: Kremzukov@niiuem.tomsk.ru

Рассмотрена автоматизированная система контроля, предназначенная для автоматизированного функционального контроля, исследований и испытаний систем электропитания космического аппарата. Показано, что использование данной системы позволяет расширить область исследования и настройки системы электропитания, сэкономить рабочее время и повысить надежность космического аппарата.

Ключевые слова:

Автоматизированная система контроля, система электропитания, космический аппарат, имитатор.

Одной из основных систем любого космического аппарата (КА) является система электропитания (СЭП), любые сбои в работе, которой приводят к нарушению других систем, а при ее отказе к завершению срока активного существования [1, 2].

В связи с наметившейся тенденцией увеличения мощности бортового оборудования и срока активного существования КА сформировался системный подход в проектировании СЭП КА. Для повышения надежности работы СЭП КА на орбите на всех этапах исследований, экспериментальных обработок и испытаний используются специализированное оборудование, обладающие высокой скоростью обработки информации, отвечающие современным требованиям по электромагнитной совместимости и соответствующие установленной мощности СЭП КА [2, 3].

В состав СЭП входят три основных элемента [2]:

- первичный источник энергии (солнечная батарея);

- вторичный источник энергии (аккумуляторная батарея);
- комплекс автоматики, стабилизации и защиты.

По мере накопления опыта по исследованию космического пространства стало очевидным, что полная физическая имитация требует слишком больших затрат. К примеру использование солнечной батареи в качестве первичного источника энергии СЭП КА в наземных условиях требует использования специальных стендовых устройств (мощных осветителей, систем термостабилизации и др.) для обеспечения заданных условий освещенности и температуры, что экономически нецелесообразно и технически трудно осуществимо. Поэтому наряду с физическим моделированием стали развиваться другие направления. Например, метод имитационно-физического моделирования, при котором отдельные компоненты системы электропитания заменялись эквивалентном (имитатором). Имитатор

позволяет в первом приближении воспроизвести характеристики устройства в реальном масштабе времени, при существенно меньших затратах [2].

На сегодняшний день имитаторы нашли очень широкое распространение, они применяются на всех стадиях создания и испытания системы электропитания. При этом все блоки имитации и собственно СЭП должны работать подобно единой системе, имитируя в реальном времени всевозможные режимы работы. Например, заряд аккумуляторной батареи и осуществление питания от солнечной батареи в то время когда спутник находится на «солнечной стороне», осуществление питания бортовых систем только от аккумуляторных батарей – спутник «в тени» и т. д. Следует отметить, что проведение испытаний такого уровня требует применения единой автоматизированной системы.

Существующие на сегодняшний день автоматизированные системы контроля (АСК) не позволяют произвести полный функциональный контроль СЭП КА из-за отсутствия имитаторов солнечной батареи, аккумуляторной батареи и блоков нагрузок.

Вся система предназначена для автоматизированного функционального контроля, исследования и испытаний СЭП КА, выпускаемых космической про-

мышленностью (рис. 1). АСК энергопреобразующей аппаратуры (ЭПА) выполнена в виде отдельных законченных устройств, каждое из которых может работать как отдельно (используя встроенный контроллер), так и в составе АСК ЭПА под управлением ПЭВМ. ПЭВМ обеспечивает реализацию рабочих режимов и алгоритмов функционирования системы путем обмена управляющей и измерительной информацией по Ethernet интерфейсу. АСК ЭПА осуществляет самоконтроль основных электрических параметров и обеспечивает отсутствие аварийных ситуаций при несанкционированном пропадании напряжения питающей сети.

Имитатор солнечной батареи используется для исследования, экспериментальной отработки и испытаний любых структур СЭП КА автономно или комплексно, в которых в качестве первичного источника энергии используется солнечная батарея. Данное устройство воспроизводит на своих выходных шинах статические и динамические характеристики солнечной батареи. Имитатор позволяет имитировать работу солнечной батареи спутника находящегося на любом типе рабочей орбиты (геостационарная, круговая и др.), т. е. имеет возможность имитации режимов «вход в тень» и «выход из тени», с изменением длительности данных режимов [4, 5].

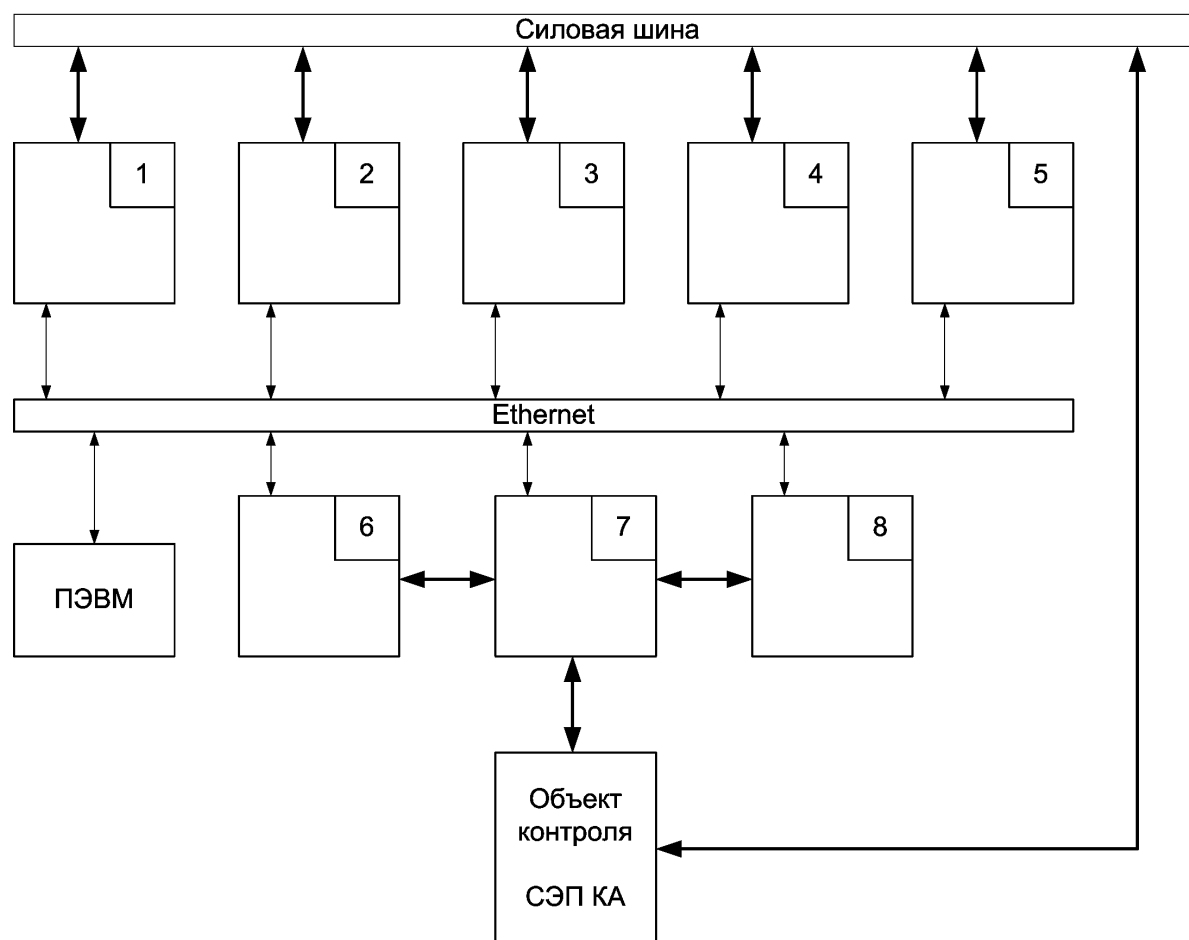


Рис. 1. Автоматизированная система контроля энергопреобразующей аппаратуры: 1) имитатор солнечной батареи; 2) блок имитации аккумуляторной батареи; 3) блок имитации нагрузок; 4) имитатор переменной частоторегулируемой нагрузки; 5) устройство мониторинга; 6) контрольно-испытательная станция; 7) системный коммутатор; 8) устройство измерения

Блок имитации аккумуляторной батареи предназначен для имитации всех режимов работы аккумуляторной батареи при ее заряде и разряде; изменения напряжения на каждом аккумуляторном элементе; сигнализаторов давления; датчиков температуры; аналоговых датчиков давления; электрообогревателей. Имитатор обеспечивает полноту электрических проверок автоматики СЭП, имитируя различные сочетания состояния датчиков давления и температуры, различные состояния параметров напряжения аккумуляторной батареи и аккумуляторов при минимальных затратах времени.

Блок имитации нагрузок позволяет имитировать различные виды нагрузок: постоянную (активную) нагрузку, импульсную (или скачкообразную), комплексную (резистивно-емкостную), частотную с синусоидальной формой тока. При имитации постоянной нагрузки устройство преобразует энергию постоянного тока СЭП КА в энергию переменного тока с последующей передачей ее в питающую сеть. Комплексная нагрузка обеспечивает синхронное параллельное подключение постоянного активного сопротивления и последовательной RC-цепи к выходной шине СЭП КА. Гармоническая нагрузка создается путем формирования синусоидального тока в выходных шинах СЭП. При этом ток изменяется в диапазоне частот 20 Гц...120 кГц с плавно регулируемой амплитудой, что позволяет проверить нагрузочную способность в нескольких декадах, а также измерить выходной импеданс бортового источника питания. Импульсная нагрузка обеспечивает независимое увеличение (наброс) или уменьшение (сброс) постоянной нагрузки с регулируемой коммутационной длительностью подключения или отключения. Длительность фронта наброса или сброса тока нагрузки зависит от задания оператора, индуктивности подводных проводов и величины тока наброса или сброса [6].

Имитатор переменной частоторегулируемой нагрузки используется для формирования: нагрузки постоянным током с плавным регулированием; нагрузки со ступенчатой регулировкой постоянного тока; частоторегулируемой импульсной нагрузки со ступенчатым регулированием амплитуды тока нагрузки; разовых импульсов тока нагрузки с регулируемой амплитудой и длительностью. В режиме плавного регулирования нагрузки имитатор обеспечивает плавную регулировку безразрывного постоянного тока нагрузки. В режиме ступенчатой регулировки имитатор обеспечивает ступенчатую регулировку постоянного тока нагрузки. В данном режиме предусмотрена возможность плавного регулирования величины постоянного тока нагрузки путем автоматического перераспределения тока между регулируемой и ступенчатой нагрузкой с одновременным соответствующим изменением уставок. В режиме частотной нагрузки коммутацией активной нагрузки формируется импульсный ток, регулируемый по амплитуде и по частоте следования (при скважности два) в диапазоне $0,1...10^5$ Гц.

Импульсная нагрузка имитатора обеспечивает формирование разовых импульсов тока активной нагрузки с длительностью импульса в диапазоне 50...300 мкс [7].

Системный коммутатор предназначен для подключения к объекту контроля измерительных приборов, анализаторов состояния контактов реле и датчиков, осциллографов, формирователей команд, источников питания и формирователей стимулов (напряжения, тока, сопротивления). Коммутатор осуществляет подключение измерительных приборов входящих в состав устройства измерения и модулей входящих в состав контрольно-испытательной станции на любую из тысячи двухсот точек подключения к объекту контроля с помощью реле.

Устройство измерения обеспечивает поддержку связи с встроенными приборами по интерфейсу RS-232, а также передачу и прием информации из ПЭВМ в части управления приборами. В его составе осциллограф TPS-2014; вольтметры HP34401A; источники питания PSS-3203; PSP-603.

Контрольно-испытательная станция используется для контроля состояния контактов реле и электронных коммутаторов (транзисторных ключей); контроля временных и амплитудных параметров импульсов напряжения; формирования команд управления в виде импульсов напряжения или незапитанным контактом; формирования автономных команд управления при непосредственном доступе оператора к включению и отключению объекта контроля; имитации резистивных датчиков и сопротивлений; измерения сопротивлений, прямых падений напряжений на диодах и контроля токов утечки диодов при обратном напряжении.

Устройство мониторинга позволяет автоматически и синхронно измерять и регистрировать: параметры фаз трехфазной сети переменного тока; постоянное напряжение любой полярности в диапазоне 0...350 В, 50 Гц по каждому каналу (10 каналов); значение сопротивлений по каждому каналу (3 канала) в диапазоне 0...150 кОм; сопротивление изоляции до 20 МОм с испытательным напряжением 100 В по каждому каналу (3 канала). Задание параметров уставок контроля, вывод результатов мониторинга на печать, контроль состояния питающей сети позволяет осуществить быструю диагностику аварийных и нештатных состояний.

Используя специализированное программное обеспечение АСК ЭПА (рис. 2), оператор имеет возможность задавать программу исследования, по которой система будет работать в течение необходимого времени с непрерывным ведением протокола результатов испытаний и постоянным контролем аварийных ситуаций.

Одной из основных систем любого космического аппарата (КА) является система электропитания (СЭП), любые сбои в работе, которой приводят к нарушению других систем, а при ее отказе к завершению срока активного существования [1, 2].

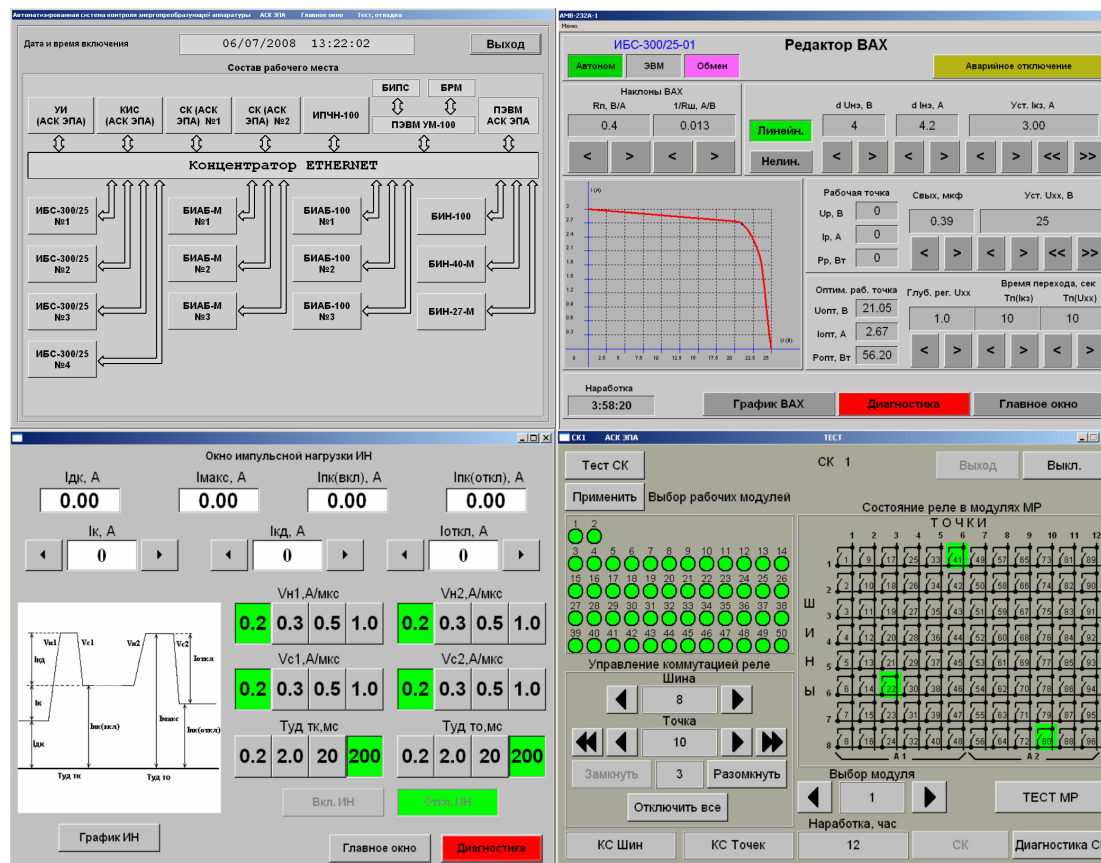


Рис. 2. Пример окон программного обеспечения автоматизированной системы контроля энергопреобразующей аппаратуры

В связи с наметившейся тенденцией увеличения мощности бортового оборудования и срока активного существования КА сформировался системный подход в проектировании СЭП КА. Для повышения надежности работы СЭП КА на орбите, на всех этапах исследований, экспериментальных отработок и испытаний используются специализированное оборудование, обладающие высокой надежностью, высокой скоростью обработки информации, отвечающие современным требованиям по электромагнитной совместимости и соответствующие установленной мощности СЭП КА [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базилевский А.Б., Козлов А.Г., Лукьяненко М.В., Шелудько В.Г. Системы спутников связи. – Красноярск: Изд-во КГПУ, 1989. – 224 с.
2. Соустин Б.П., Иванчура В.И., Чернышев А.И., Ислаев Ш.Н. Системы электропитания космических аппаратов. – Новосибирск: Наука, 1994. – 318 с.
3. Гордеев К.Г., Шиняков Ю.А., Чернышев А.И., Эльман В.О. Критерии выбора схемы стабилизации напряжения солнечных батарей для системы электроснабжения космического аппарата // Электронные и электромеханические системы и устройства / Сб. науч. тр. под ред. В.Н. Гладушенко. – Новосибирск: Наука, 2007. – С. 43–48.
4. Кремзуков Ю.А. Имитатор солнечной батареи // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. научно-техн. конф. молодых специалистов. – ОАО НПП «Полус». – Томск, 2008. – С. 20–22.

Выводы

Показано, что использование автоматизированные системы контроля энергопреобразующей аппаратуры позволяет произвести полный функциональный контроль, расширить область исследования и настройки системы электропитания космического аппарата, сэкономить рабочее время, увеличить его надежность. Автоматизированная система контроля является гибкой и позволяет использовать различные программы испытаний, включая или отключая определенные устройства в составе комплекса.

5. Кремзуков Ю.А. Исследование динамических характеристик имитатора солнечной батареи ИБС-300/25 // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 4. – С. 131–135.
6. Юдинцев А.Г. Бубнов О.В. Нагрузочные устройства для систем электропитания космических аппаратов // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. научно-техн. конф. молодых специалистов. – ОАО НПП «Полус». – Томск, 2008. – С. 25–27.
7. Миргородский С.К. Квашин А.Ю. Имитатор переменной частоторегулируемой нагрузки // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. научно-техн. конф. молодых специалистов. – ОАО НПП «Полус». – Томск, 2008. – С. 27–29.

Поступила 14.04.2009 г.