

# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ АППАРАТУРОЙ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

ВАСИЛИЙ НАГОРНЫЙ, к.т.н., инженер-конструктор, АО «НПЦ «Полюс»

*В статье рассмотрен практический пример построения системы питания космического аппарата с использованием микроконтроллеров компании АО «ПКК «Миландр».*

Бортовая энергетика космических аппаратов (КА) начинала развиваться с использованием химических источников тока. Однако их малый ресурс обусловил введение в состав систем электроснабжения (СЭС) активных (первичных) генераторов электрической энергии. На подавляющем большинстве КА отечественного производства в качестве первичных источников используются фотоэлектрические преобразователи – солнечные батареи [1], а буферными источниками служат аккумуляторные батареи (АБ).

При нахождении КА на освещенном участке орбиты питание бортовой нагрузки осуществляется от фотоэлектрических батарей (БФ). В то же время избыток их энергии может использоваться для заряда АБ. На теневом участке орбиты питание нагрузки осуществляется от АБ. Для согласования первичных источников энергии, буферных аккумуляторных батарей и нагрузки в СЭС применяются комплексы энергопреобразующей аппаратуры, одним из разработчиков которых является АО «НПЦ «Полюс».

Традиционно управление энергопреобразующей аппаратурой, в частности комплексов автоматики и стабилизации (КАС), строилось на использовании аналоговых электронных компонентов. Цифровое управление, если и применялось, то крайне ограниченно. Ужесточение требований к массогабаритным характеристикам КАС, с одной стороны, и появление стойких к воздействию

факторов космического пространства микроконтроллеров [2], с другой, привело к изменению подходов к проектированию энергопреобразующей аппаратуры и систем управления ею. В настоящее время часть функций управления КАС реализуется с помощью микроконтроллеров.

Необходимость повышения ресурса СЭС побудила разработчиков создавать системы с индивидуальными зарядно-разрядными восстановительными циклами аккумуляторов АБ, что позволило, несмотря на определенные эксплуатационные неудобства, увеличить срок активного существования КА [1].

Рассмотрим СЭС КА, включающую в себя четыре АБ, одну БФ и КАС (см. рис. 1), в состав которой входят четыре зарядно-разрядных устройства (ЗРУ), стабилизатор напряжения (СН), устройство токораспределения (УТ). Сигналы токов АБ (ТАБ1–ТАБ4) формируются датчиками тока ДТ1–ДТ4, а ток БФ (ТБФ) измеряется датчиком тока ДТ. Сигнал НБФ (напряжение БФ) снимается с шины «+БФ».

На освещенном участке орбиты питание нагрузки осуществляется от БФ через шину «+БФ» и СН. При отсутствии энергии БФ питание нагрузки  $R_H$  осуществляется от АБ (шина «+КАС»).

УТ предназначено для выравнивания токов заряда и разряда АБ или их рас-

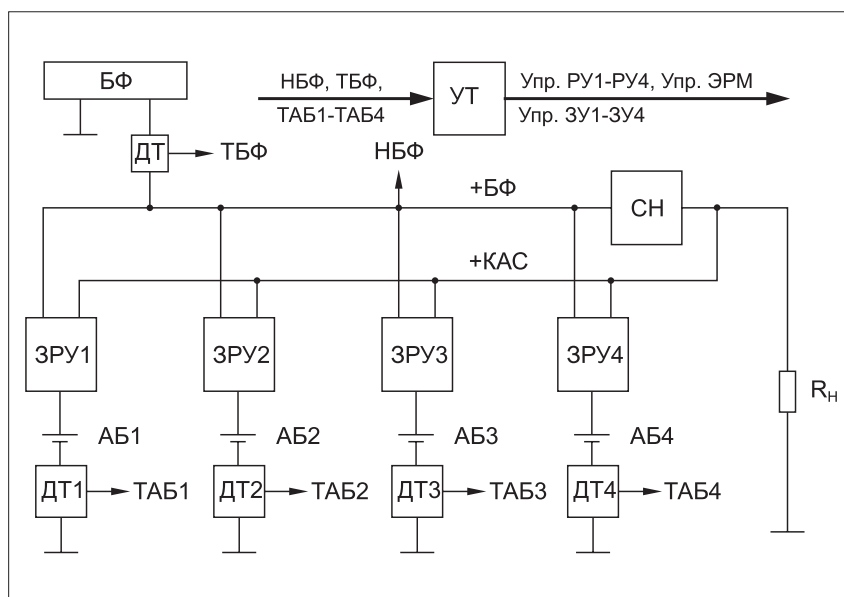


Рис. 1. Структурная схема КАС

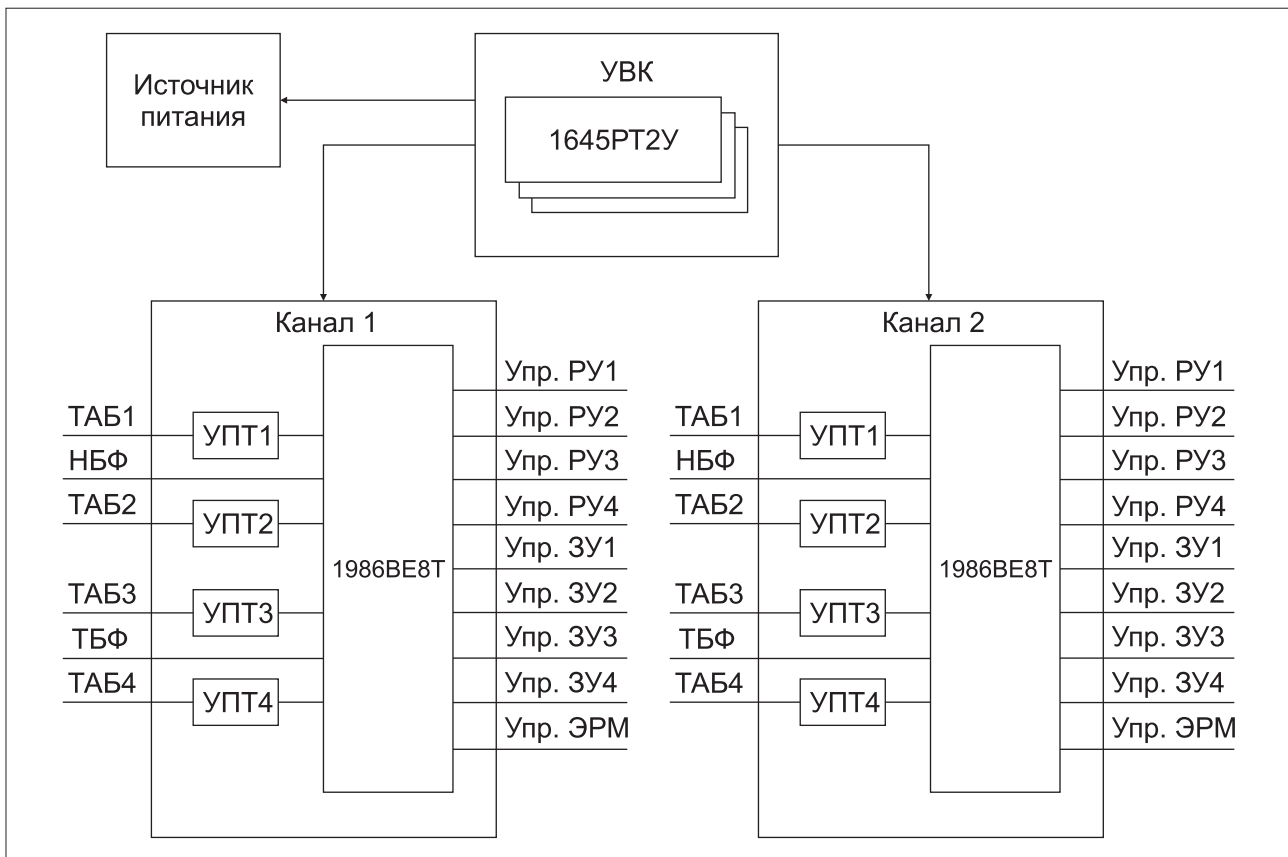


Рис. 2. Структурная схема цифрового устройства токораспределения

пределения по заданному алгоритму, а также для экстремального регулирования мощности БФ [3].

Выравнивание токов АБ необходимо для продления ее ресурса и более равномерного распределения тепловой нагрузки системы охлаждения КА. Экстремальное регулирование мощности БФ заключается в поиске точки максимальной мощности на вольт-ваттной характеристике [4].

Блок УТ выполнен по двухканальной схеме с «холодным» резервом (см. рис. 2). Какой из двух каналов работает в определенный момент времени, определяет устройство выбора каналов (УВК). Питание блока осуществляется от источников питания, выдающих все необходимые для работы напряжения.

Основу каждого канала УТ составляет микроконтроллер 1986 BE8 T производства АО «ПКК «Миландр» [5]. Во время работы канала микроконтроллер получает значения токов АБ (ТАБ1–ТАБ4) с усилителей постоянного тока УПТ1–УПТ4, а также напряжения и тока БФ (сигналы НБФ и ТБФ, соответственно) и вырабатывает сигналы управления разрядного устройства (Упр. РУ1 – Упр. РУ4) и зарядного устройства (Упр. ЗУ1 – Упр. ЗУ4 и Упр. ЭРМ).

Оцифровка входных сигналов осуществляется встроенными аналого-цифровыми преобразователями, а сигналы управления выдаются модулями широт-

но-импульсной модуляции микроконтроллера 1986 BE8 T.

УВК выполнено по трехканальной схеме с мажорированием «два из трех». Каждый из трех каналов УВК реализует функции конечного автомата [6] при помощи постоянного запоминающего устройства 1645 PT2U [2] производства АО «ПКК «Миландр», что позволяет изменять логику переключения каналов УТ, не изменяя принципиальной схемы в ходе опытной отработки КАС.

При традиционном построении схемы управления токораспределением АБ и экстремальным регулированием мощности БФ требовалось пять блоков УТ (четыре УТ-ЗРУ и один УТ-СНА) и один блок ЭРМ. Применение новой элементной базы позволило реализовать функции токораспределения и экстремального регулирования мощности БФ при помощи единого блока, улучшив массогабаритные характеристики системы управления энергопреобразующей аппаратурой КАС.

Создание экстремального регулятора мощности на микроконтроллере позволяет использовать новые более быстрые алгоритмы поиска точки максимальной мощности БФ, которые легко можно изменить, не меняя схемотехнические решения. Кроме того, благодаря наличию в составе микроконтроллера 1986 BE8 T блока вычислений с плавающей запятой и набору

инструкций для цифровой обработки сигналов реализованы эффективные цифровые фильтры, что улучшило качество регулирования.

Таким образом, учитывая перспективы развития энергопреобразующей аппаратуры СЭС КА, можно утверждать, что АО «ПКК «Миландр» является одним из стратегических партнеров АО «НПЦ «Полус» в области поставки перспективных микросхем в радиационно-стойком исполнении для космического приборостроения. ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соустин Б. П. и др. Системы электропитания космических аппаратов. Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма. 1994.
2. Микросхемы, производимые компанией АО «ПКК «Миландр»//[www.milandr.ru/products](http://www.milandr.ru/products).
3. Справочник по теории автоматического управления. Под ред. Красовского А. А. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1987.
4. Казанцев Ю. М. и др. Токовый стабилизатор напряжения солнечной батареи для систем электропитания космических аппаратов. Электронные и электромеханические системы и устройства. Томск: Издательство НТЛ. 2011.
5. Официальный сайт АО «ПКК «Миландр»//[www.milandr.ru](http://www.milandr.ru).
6. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Мир. 2010.