

УДК 621.31

**СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СТРАТОСФЕРНОГО АППАРАТА**© **Ивлев С.Д., Кумарин А.А.***Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: serejaiivlev@gmail.com

Система электропитания стратосферного аппарата, предназначенного для сбора данных об атмосфере и ведения аэрофотосъемки, должна обеспечивать питание бортовой электроники в довольно сложных условиях. Самый значимый фактор – температурный. Поднимаясь на высоту до 30 километров, аппарат проходит различные слои атмосферы, где на высоте около 9–11 километров он обдувается холодными ветрами, что может вызвать переохлаждение как системы питания, там и прочей бортовой электроники. Самый чувствительный элемент системы питания – аккумуляторы. Li-Ion ячейки формата 18650 теряют значительную часть емкости даже при небольших отрицательных температурах, поэтому для успешного выполнения миссии необходимо предусмотреть систему обогрева отсека с батареями. Остальная электроника может эксплуатироваться в диапазоне температур до –40 градусов, и вместе с применением теплоизоляционной обшивки, защищающей от продувания аппарата ветром, предположительно может пройти самый холодный участок траектории без дополнительного обогрева.

В задачи системы питания также входит поиск точки максимальной мощности для фотоэлектрических преобразователей, расположенных на гранях аппарата. Для решения этой задачи были применены интегральные схемы SPV1040, которые позволяют работать с солнечными панелями с низким рабочим напряжением, требуют минимума необходимых дополнительных компонентов, что позволяет разместить на плате сразу несколько независимых каналов. Применение нескольких каналов позволяет производить зарядку от панелей, расположенных на разных гранях и освещенных независимо [2], а также повышает надежность: невозможна ошибка в ПО для управляющего контроллера. Кроме того, в случае выхода из строя одной микросхемы другие продолжают свою штатную работу.

Система питания должна обеспечивать бортовую электронику шинами питания с напряжением 3.3 В и 5 В, а также иметь канал для подключения нагрузки, требующей высокой мощности. На аппарате применяются четыре ячейки Li-Ion батарей, включенных параллельно для упрощения зарядки, поскольку в таком случае нет необходимости в балансировке батарей [1]. Для получения 5 В применяется повышающий DC-DC-преобразователь TPS61089, который имеет ограничение по току и сигнал выключения. Поскольку Li-Ion аккумуляторы имеют примерный диапазон рабочих напряжений 4.2–3.1 В, для получения питания с напряжением 3.3 В необходимо применять повышающе-понижающий DC-DC- преобразователь. В нашем случае применяется микросхема TPS63020. Таким образом, каждый из выходных каналов имеет возможность отключения и измерения тока посредством измерения падения напряжения на шунтирующем сопротивлении, усиленного микросхемой INA199. Измерение производится при помощи АЦП-микроконтроллера.

Для управления системой питания применяется микроконтроллер STM32G071CBT, основанный на ядре Cortex-M0+, позволяющий получить сопоставимую производительность с семейством F0 при сохранении энергоэффективности. Дополнительно данный микроконтроллер имеет блок защиты

памяти, который может скорректировать единичную ошибку в ячейки памяти при попадании в нее заряженной частицы, что может быть актуально при дальнейшем развитии данного проекта как систему питания наноспутника (см. рис.).

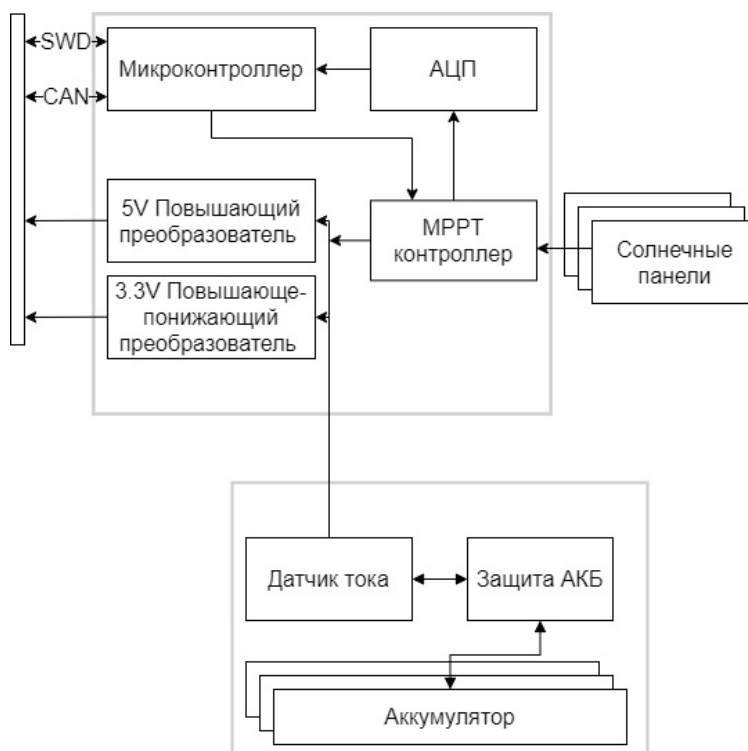


Рис. Структурная схема системы питания

Таким образом, в результате работы над проектом была разработана система электропитания, удовлетворяющая всем потребностям стратосферного зонда, летные испытания которой планируется провести летом 2021 года. В процессе работы над проектом были протестированы различные решения, которые позволяют сделать конструкцию как самой системы питания, так и всего аппарата более совершенной: к примеру, применение материнской платы для коммутации всех бортовых систем, а также разделение системы питания на плату с батареями и преобразователями. В процессе работы над проектом были спроектированы печатные платы, произведен расчет преобразователей питания, создано ПО для управляющего микроконтроллера.

### Библиографический список

1. CubeSat Design Specification // California Polytechnic State University. URL: [https://blogs.esa.int/philab/files/2019/11/RD02\\_CubeSat\\_Design\\_Specification\\_Rev.\\_13\\_The.pdf](https://blogs.esa.int/philab/files/2019/11/RD02_CubeSat_Design_Specification_Rev._13_The.pdf) (дата обращения: 13.05.2021).
2. Thomas John. Energy harvesting and power management in nano-satellite. URL: [https://www.academia.edu/9090481/Energy\\_Harvesting\\_and\\_Power\\_Management\\_in\\_Nano\\_Satellites](https://www.academia.edu/9090481/Energy_Harvesting_and_Power_Management_in_Nano_Satellites) (дата обращения: 13.05.2021).