

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.314.1

МОДУЛЬ ПИТАНИЯ И СВЯЗИ АВТОНОМНЫХ ПРИБОРОВ

© 2022 г. А. И. Дёмко, О. Ю. Семенов

Поступила в редакцию 25.01.2022 г.

После доработки 18.02.2022 г.

Принята к публикации 14.03.2022 г.

DOI: 10.31857/S0032816222040188

Разработан и испытан компактный модуль питания и связи (далее модуль) автономных приборов для длительной работы в условиях внешней среды.

Модуль (вариант для автономного уровнемера для нефтепродуктов в резервуарах [1, 2]) состоит из батарей, солнечных батарей, суперконденсатора и аккумулятора, дополненных электронными схемами. Выходные параметры и сервисные возможности модуля определяются электронными составляющими: радиомодемом, схемой управления, коммутатором и стабилизатором.

Модули опытной партии имеют следующие параметры:

- мощность одного элемента солнечной батареи – 0.6 Вт (6 элементов размером 55×80 мм);
- суммарная емкость батарей – $57 \text{ А} \cdot \text{ч}$ (типоразмер Д, 3 элемента);
- емкость аккумулятора – $2.5 \text{ А} \cdot \text{ч}$;
- емкость суперконденсатора – 180 Ф;
- выходное напряжение – 3.3 В (нестабильность $\pm 5\%$);
- ток нагрузки средний – до 1.0 мА;
- мощность в нагрузке – до 0.33 Вт;
- рабочая температура от -50 до $+60^\circ\text{C}$;
- ресурс – 5 лет.

Схема управления на основе микроконтроллера MSP430F5658IPZR задает алгоритм работы модуля, реализующий следующие возможности [3]:

- контроль выходного напряжения, включая напряжения батарей, суперконденсатора и аккумулятора;
- управление работой коммутатора, подсоединяющего к повышающему стабилизатору один из источников;
- контроль степени заряда суперконденсатора и аккумулятора;
- формирование информации о параметрах, режимах работы и о прогнозе оставшегося време-

ни, выдача этой информации на радиомодем и технологический разъем.

В светлое время суток питание осуществляется от солнечной батареи с зарядом аккумулятора и суперконденсатора. При отрицательных температурах эффективность аккумулятора снижается, в этом случае солнечные батареи используются для заряда суперконденсатора и питания электронных схем. Ночью и в пасмурную погоду питание схем осуществляется от суперконденсатора и от аккумулятора. При разряде аккумулятора и суперконденсатора модуль переключается на батарею. Работа каждого из источников учитывается при вычислении оставшегося ресурса работы.

За определенное время до разряда батарей (задается при программировании) на технологический разъем и радиомодем выдается предупредительный сигнал “Авария”. Предусмотрен режим “Склад”, соответствующий выключению стабилизаторов для исключения расхода энергии первичных источников до ввода изделия в эксплуатацию. Через технологический разъем можно считывать параметры и статистику работы модуля (с помощью 4 байт по UART), а также заряжать аккумулятор и суперконденсатор от внешнего источника, что может понадобиться на этапе производства, ремонта или профилактических работ. На рис. 1 приведено диагностическое окно с информацией от технологического разъема. В окне отображаются напряжения, статус источников и признак аварии.

В модуле использованы литиевые батареи с высокой энергетической емкостью и большим временем хранения, однако при длительном хранении литиевых батарей в состоянии покоя на электродах образуется пленка окисла (происходит пассивация), что ограничивает возможности их использования. Микроконтроллер по реакции батареи на подключение тестовой нагрузки определяет факт пассивации и запускает схему депассивации, что обеспечивает высокую работоспо-

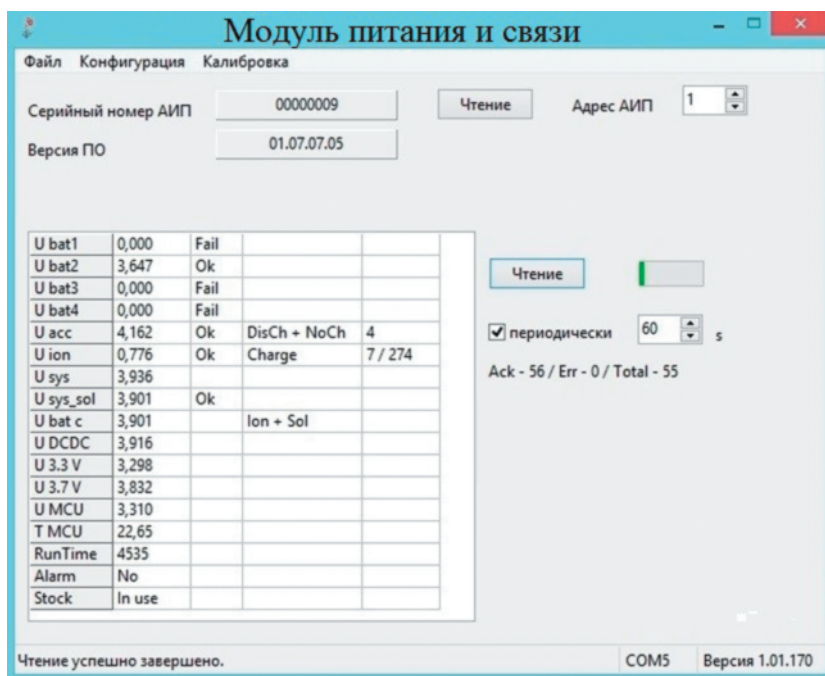


Рис. 1. Скриншот окна модуля питания и связи.

способность литиевых батарей в течение всего времени работы модуля.

Энергетические характеристики модуля зависят от режима нагрузки и эффективности работы схем. Разработанная схема обеспечивает высокую экономичность (собственное потребление не превышает 55 мкА), что обеспечивает расход дополнительных 0.48 А · ч в год. Максимум КПД (79–82%) достигается при напряжении первичных источников 4.2 В и потребляемом токе от 3 до 30 мА, что близко к энергопотреблению энергоэкономичных радиомодемов в режиме передачи (например, МВее-433-3.0-UFL-PLS12).

Электронная часть модуля монтируется в шестигранном корпусе, на внешней поверхности которого закреплены солнечные батареи, защищенные поликарбонатом. Вертикальный четвертьволновой штырь антенны радиомодема может быть интегрирован в корпус модуля или размещен в диэлектрическом пенале на крышке корпуса с противовесами в виде трех четвертьволновых лучей, размещенных в корпусе конструкции.

Прототип корпуса модуля, выполненный по технологии 3D-печати, изображен на рис. 2. Для модуля используется взрывозащита вида “герметизация компаундом (т)”, выходные цепи выполнены искробезопасными за счет ограничения максимального тока на уровне 200 мА. Реализовано три уровня защиты выходных цепей по напряжению и току, что обеспечивает эксплуатацию модуля в зоне класса “0”. Радиомодем, определя-

ющий режим передачи данных по радиоканалу, может быть размещен на основной плате электроники (например, система на кристалле MSP430F5137), другой вариант — использование отдельного радиомодема (например, МВее-433-



Рис. 2. Прототип корпуса модуля питания и связи.

3.0-UFL-PLS12). Схема, конструкция и возможности модуля позволяют адаптировать его для различных автономных приборов, изменяя число и тип батарей, тип аккумулятора, емкость суперконденсатора и мощность солнечных батарей. Образцы модулей опытной партии продемонстрировали стабильную многодневную работу как в лабораторных, так и во внешних условиях (зимой и летом).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке Департамента образования и молодежной политики ХМАО – Югры (государственное задание, приказ № 1281 от 25.08.2017).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дёмко А.И., Петров Б.А., Радомский С.А. Патент № 2615985 РФ на изобретение // Оpubл. 12.04.2017. Бюл. № 11.
2. Дёмко А.И., Петров Б.А., Радомский С.А. Патент № 168024 РФ на полезную модель // Оpubл. 17.01.2017. Бюл. № 2.
3. Дёмко А.И., Дёмко И.А., Семенов О.Ю. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019665887 // Оpubл. 02.12.2019. Бюл. № 12.

Адрес для справок: Российская Федерация, 628412, ХМАО – Югра, г. Сургут, просп. Ленина, 1, Сургутский государственный университет. E-mail: dai321@mail.ru.