

УДК 621.317.4

**Воронов К. Е., Ильин А. Б., Плехотниченко П. Г.**

### **МАГНИТНЫЙ ДАТЧИК ДАТЧИКОВОЙ АППАРАТУРЫ «ШТИЛЬ-М»**

**Введение.** Датчиковая аппаратура (ДА) «Штиль-М» устанавливается на космические аппараты (КА) типа «Ресурс-П» («Ресурс-П» № 1 выведен на орбиту 25 июня 2013 года в 21:28:48, «Ресурс-П» № 2 выведен на орбиту 26 декабря 2014 года в 21:55).

ДА «Штиль-М» предназначена:

- для измерения помех по шине питания 27 В;
- для измерения напряжения между цепью питания и корпусом КА;
- регистрация электростатических разрядов;
- измерение магнитных полей;

В статье рассмотрено измерение магнитных полей. Измерения осуществлялись с помощью шести магнитных датчиков, расположенных в различных отсеках.

**Состав магнитного датчика.** Внешний вид магнитного датчика (ДМ) изображён на рисунке 1. Корпус ДМ выполнен из сплава АМгб, в качестве соединителя используется РС19ТВ.



Рисунок 1 – Внешний вид магнитного датчика

Структурная схема ДМ изображена на рисунке 2. ДМ состоит из микроконтроллера (МК), аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), усилителя, коммутатора, однокомпонентного и двухкомпонентного сенсоров магнитного поля, датчика температуры, интерфейсных микросхем, преобразователя питания.

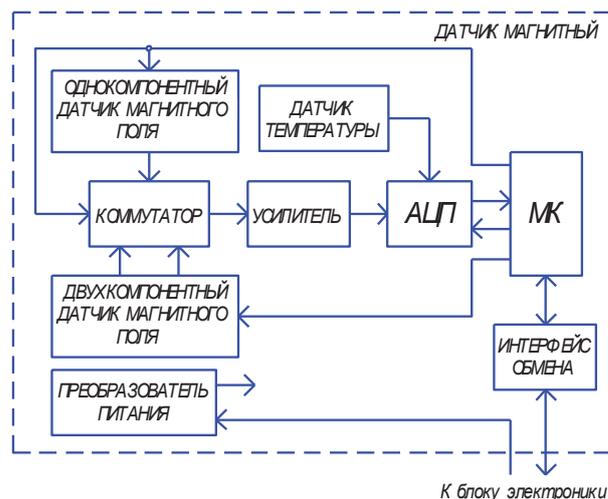


Рисунок 2 – Структурная схема магнитного датчика

В качестве сенсоров магнитного поля используются одно и двухкомпонентные сенсоры HMC1021Z и HMC1022Z компании Honeywell International Inc [1]. Сенсоры снабжены выводами сигнала Set (установки)/ Reset (сброса), необходимого для нормальной работы ДМ.

МК предназначен для обмена информацией с блоком электроники (БЭ), управление коммутатором, магнитными сенсорами, АЦП. Обмен между БЭ и ДМ осуществляется по запросу с БЭ.

Коммутатор предназначен для последовательной коммутации напряжения с осей X, Y, Z магнитных сенсоров. Управление осуществляет МК с помощью двухбитного слова.

Усилитель предназначен для усиления сигнала магнитных сенсоров. Коэффициент усиления находится в диапазоне 55 до 80. В качестве усилителя используется инструментальный усилитель.

АЦП предназначен для оцифровки сигнала магнитных сенсоров. Разрядность АЦП равна 12 битам. Управление АЦП осуществляется МК по SPI-интерфейсу.

Преобразователь питания предназначен для питания всех модулей ДМ. Преобразователь преобразует напряжение из 6 В в  $\pm 5$  В, 12 В.

Температурный датчик предназначен для измерения температуры внутри датчика, которая необходима для учёта температурного влияния на результаты измерения и последующей коррекции.

**Принцип работы магнитного датчика.** В момент, когда БУ необходимо получить данные о магнитном поле, БЭ посылает запрос ДМ (например, число 0x32). В ответ на за-

прос с ДМ в БЭ приходит 6 байт магнитного поля (первые 5 байт – X компонент, Y компонент, Z компонент, 6-й байт – контрольная сумма). Процесс измерения следующий: дифференциальный сигнал с выхода одного из магнитных сенсоров (ось X, Y, Z) с помощью коммутатора поступает на вход инструментального усилителя; напряжение с выхода усилителя подаётся на вход быстродействующего АЦП; оцифрованный сигнал – значение уровня магнитного поля по каждой из составляющих – считывается микроконтроллером; МК через интерфейс обмена отсылает данные БЭ.

**Калибровка магнитного датчика.** Ввиду неидеальности магнитного сенсора и усилителя, АЦП характеристики ДМ могут отличаться друг от друга, поэтому перед установкой на борт КА каждый ДМ калибруется. По калибровочной характеристике отсчеты АЦП преобразуются в магнитное поле.

Для калибровки ДМ использовалась катушка, способная создавать магнитное поле до 600 мТл с точностью 1,2 мТл.

Внутри катушки на немагнитных креплениях размещался ДМ таким образом, чтобы магнитные сенсоры располагались на оси симметрии катушки. Для исключения влияния магнитного поля Земли катушка располагалась таким образом, чтобы её ось симметрии была направлена перпендикулярно линиям магнитного поля Земли. Для контроля ориентации катушки использовался магнитный компас.

Для проведения калибровки ДМ подключался к ноутбуку через преобразователь. Преобразователь предназначался для питания ДМ и информационного обмена между ДМ и ноутбуком. На ноутбуке установлена специальная программа, которая позволяет считывать данные (отсчеты АЦП) с ДМ и записывать их в текстовый файл.

В начальный момент измерялось магнитное поле при отключённом питании катушки, далее проводились измерения от -600 мТл до 600 мТл с шагом 100 мТл и записывались в память ноутбука. По полученным результатам строилась кривая зависимости значения отсчётов АЦП от значения магнитного поля. Калибровка производилась для всех трёх составляющих магнитного поля.

**Результаты.** На рисунке 3 приведены результаты измерения уровня магнитного поля в одном из отсеков КА «Ресурс-П» №2.

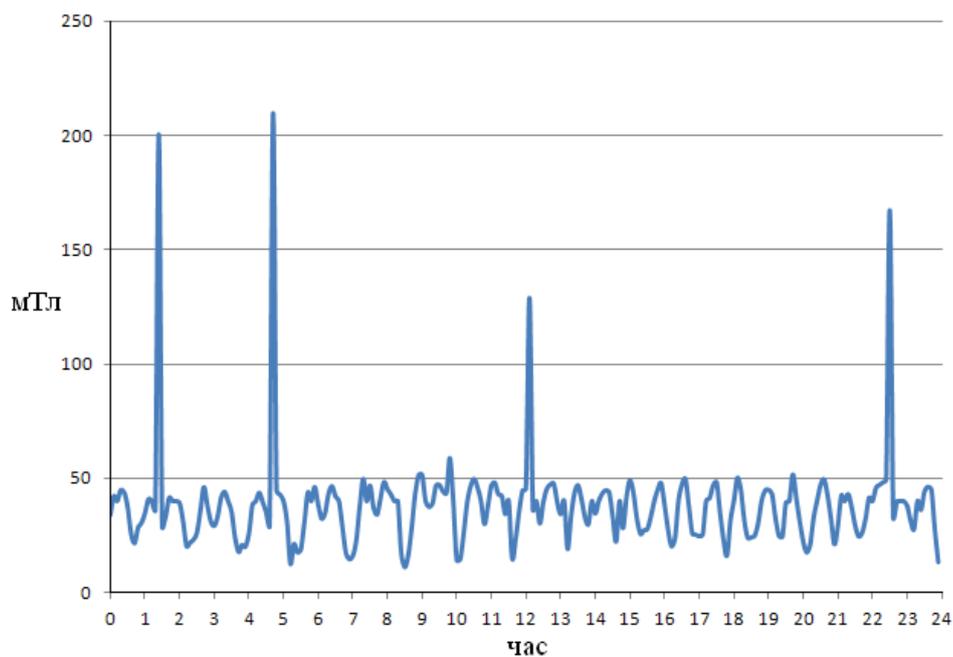


Рисунок 3 – Измерение магнитного поля на КА «Ресурс-П» №2

Уровни магнитного поля не превышают 220 мТл, что соответствует расчётным значениям.

#### Библиографический список

- 1 Техническая документация на сенсор магнитного поля. [http://aerospace.honeywell.com/~media/UWSAero/common/documents/myaerospacecatalog-documents/Missiles-Munitions/HMC\\_1001-1002-1021-1022\\_Data\\_Sheet.pdf](http://aerospace.honeywell.com/~media/UWSAero/common/documents/myaerospacecatalog-documents/Missiles-Munitions/HMC_1001-1002-1021-1022_Data_Sheet.pdf)