

МАГНИТОМЕТР ДЛЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ

А. В. Данилова

Студент

И. Г. Мещеряков

Студент

В. С. Господарикова

Студент

С. А. Зуев

Доцент

Введение

Свойства магнитных полей используются во многих областях, одной из которых является геологоразведка. Как известно, магнитное поле Земли для ограниченного участка местности однородно, поэтому любой ферромагнитный объект или объект, имеющий собственное магнитное поле, будет создавать локальную магнитную аномалию. Она, в свою очередь, может свидетельствовать о залежах того или иного полезного ископаемого. Для обнаружения и исследования таких аномалий используют магнитометры. Это специализированный, магниточувствительный прибор геофизической направленности, используемый для измерения характеристик магнитного поля и анализа различных магнитных аномалий (ферромагнетиков и пустот) в различных структурах грунта, включая грунт с высокой плотностью и минералосодержанием. Самым главным параметром магнитометра является его чувствительность. Её принято измерять величиной магнитной индукции поля, которое способен зарегистрировать прибор. Обычно чувствительность измеряют в нанотеслах (нТл). Для определения качества прибора также используют такой параметр, как разрешающая способность, которая тоже измеряется в нанотеслах и определяет ту минимальную разницу индукции, которую возможно зарегистрировать данным прибором.

1. Цель проекта

Мы поставили перед собой цель: создать магнитометр, который сможет обнаруживать локальные магнитные аномалии. Он должен обладать достаточно высокой чувствительностью. Проанализировав доступные нам ресурсы, мы поставили следующую задачу: измерить напряженность магнитного поля Земли с помощью датчика GY-273 HMC5883L, который дает показания с точностью до 1 мкТл.

2. Изучение принципов работы датчика, его калибровка

Датчик GY-273 HMC5883L измеряет магнитное поле в 3 осях, с точностью 1° - 2° [1]. Так как он работает по протоколу I2C, то сначала необходимо узнать его адрес. Для этого мы использовали специальную программу [2]. Процесс подключения датчика является нетрудоемким, потому что он уже содержит все необходимые элементы, такие как резисторы и конденсаторы. Сложность заключается в калибровке датчика, без которой его показания не достоверны. Можно выделить следующие факторы, приводящие к неправильной работе датчика: магнитное наклонение, искажения магнитного поля (hard iron и soft iron) [1] и разница между географическим и магнитным полюсами земли. Рассмотрим причины их возникновения.

В целом интенсивность магнитного поля неодинакова на всей планете и варьируется от 0.25Гс до 0.65Гс. Чтобы получить верные данные с датчика, необходимо ликвидировать Hard Iron искажения: при считывании данных необходимо увидеть смещение и увеличить/уменьшить данные на величину смещения (для простоты стоит визуализировать показания магнитометра).

Искажение типа soft iron дают ферромагнитные материалы недалеко от датчика, например, болты крепления, провода или опорная металлическая рама устройства. Чтобы избавиться от искажения, нужно умножить показания датчика по всем осям на коэффициент. Для того чтобы найти все коэффициенты (для X, Y и Z), необходимо выявить ось с наибольшей разностью между максимальным и минимальным значением, и затем воспользоваться формулой 1.

$$Y_{scale} = (A_{max} - A_{min}) / (Y_{max} - Y_{min}), \quad (1)$$

Географический и магнитный полюса на Земле сильно различаются. Для нивелирования различий необходимо прибавить (или вычесть) угол, называемым магнитным склонением. Для Воронежа магнитное склонение составляет $+8^{\circ}$, следовательно, получившиеся показания надо будет уменьшить на 8 градусов.

К одной из причин неправильной работы датчика также относится неперпендикулярность осей внутри корпуса микросхемы.

Для устранения этих неполадок необходимо рассчитать матрицы трансформации и смещения [3]. Мы использовали специально созданную программу MagMaster, которая на основе показаний датчика из двенадцати различных положений рассчитывает коэффициенты матрицы. На рис. 1 приведен пример работы программы, а на рис. 2 — специальная установка, на которой был закреплен датчик, чтобы было удобно фиксировать его различные положения [4].

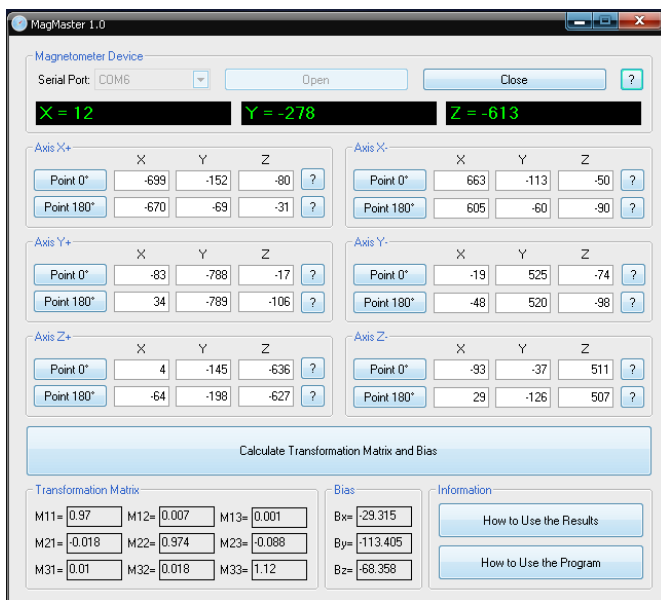


Рис. 1. Программа MagMaster

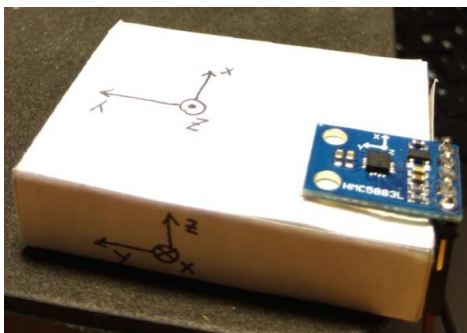


Рис. 2. Установка с датчиком GY-273 HMC5883L

Для того чтобы проверить правильность работы датчика GY-273 HMC5883L, мы запрограммировали его таким образом, чтобы он работал как компас, то есть сделали так, чтобы на экран выводился угол отклонения от севера. Для того чтобы его рассчитать, необходимо вычислить арктангенс от частного значений по оси Y и X. С помощью описанного метода мы смогли проверить правильность и точность работы датчика GY-273 HMC5883L. Следовательно, калибровка выполнена верно. Теперь прибор готов к практическому использованию.

3. Сборка магнитометра

Как отмечалось ранее, процесс подключения датчика GY-273 HMC5883L не является сложным и под силу даже студентам 1 курса. Все необходимые компоненты (плата Arduino pro mini, резистор 1кОм, 16×2-символьный ЖК-дисплей, батарейный отсек на 8 щелочных элементов типа AA фирмы Duracell, соединительные провода) мы собрали по схеме, приведенной на рис. 3.

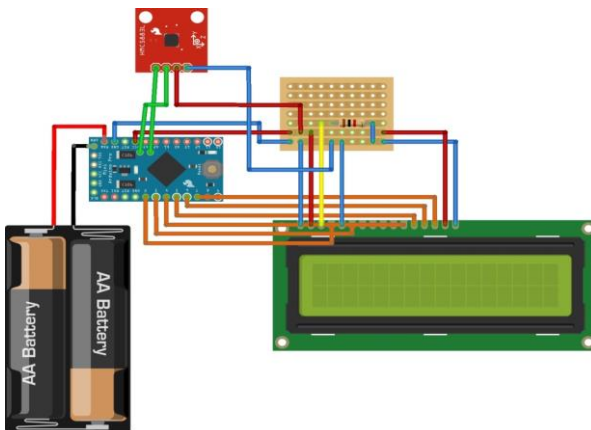


Рис. 3. Схема подключения

Далее, для более удобного использования нашего прибора на практике, мы поместили собранную установку в специально предназначенный для этого корпус (рис. 4 и 5).



вид изнутри

Рис. 4. Собранная установка



вид снаружи

Рис. 5. Собранная установка в специальном корпусе

Заключение

Собранный нами прибор способен регистрировать локальные магнитные аномалии, измеряя напряженность магнитного поля Земли. При его калибровке были учтены факторы, которые могут привести датчик к неправильной работе. Таким образом, этот прибор готов к практическому применению и может быть использован в геологоразведке.

Список литературы

1. Магнитометры: принципы действия и компенсация ошибок [Электронный ресурс] : статья в Интернете. – Режим доступа : <http://www.rlocman.ru/review/article.html?di=143960>
2. I2C_scanner [Электронный ресурс] : статья в Интернете. – Режим доступа : <https://playground.arduino.cc/Main/I2cScanner>
3. Калибровка типовых магнитометров на примере HMC5883L [Электронный ресурс] : статья в Интернете. – Режим доступа : http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/36934/1/conference_tpu-2016-C04_V1_p345-346.pdf
4. Advanced hard and soft iron magnetometer calibration for dummies [Электронный ресурс] : статья в Интернете. – Режим доступа : <https://diydrone.com/profiles/blogs/advanced-hard-and-soft-iron-magnetometer-calibration-for-dummies>