Калибровка магнитометра HMC5883L

Работа алгоритма проверена на массиве данных, полученном с помощью магнитометра. Результат хорошо совпал с ожидаемым. Разработанную программу предполагается использовать для работы с магнитометром HMC5883L и аналогами.

Введение

Целью работы являлась разработка программы для калибровки трехосевого магнитометра HMC5883L.Трехосевой магнитометр HMC5883L применяется для измерения магнитных полей в физических исследованиях.

Он измеряет относительную величину магнитного поля тремя независимыми датчиками, соответствующими трем осям декартовой системы координат.

Каждый из трех датчиков имеет отличающееся от других усиление и смещенный ноль, вследствие чего перед использованием магнитометра его необходимо подвергнуть калибровке.

При измерении однородного магнитного поля точки, полученные при измерении откалиброванным магнитометром должны ложиться на сферу, а реальный результат - эллипс, сдвинутый относительно начала координат. Калибровка сводится к поиску матрицы преобразования этого эллипса в сферу.

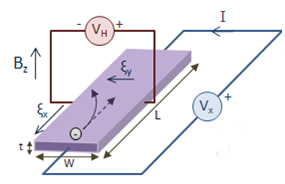
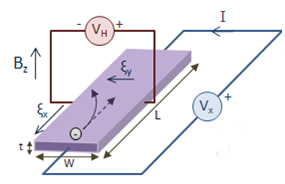
Алгоритм также подходит для калибровки других трехосевых магнитометров, а также для проверки точности калибровки тех, которые поставляются в откалиброванном виде.

Характеристики прибора

Магнитометр HMC5883L — это трехосевой прибор, основанный на эффекте Холла с цифровым интерфейсом. Среднее потребление тока при проведении измерений — 100 микроампер. Прибор позволяет проводить измерения магнитных полей величиной до 8 Гс с точностью 2 мГс.

Результаты измерений транслируются по цифровой последовательной I2C шине с частотой до 160 Гц.

Эффект Холла

Рис 1. Иллюстрация действия эффекта Холла.

Магнитометр HMC5883L основан на эффекте Холла. Эффект Холла заключается в возникновении разности потенциалов, называемой холловским напряжением, при помещении проводника, по которому протекает постоянный ток, в магнитное поле. Причиной эффекта Холла является сила Лоренца, действующая на движущиеся заряды в проводнике.

Пусть по проводящему параллелепипеду высоты *t,* длины *l,* ширины *w* течет ток *I*. Магнитное поле *B* направлено перпендикулярно грани параллелепипеда с длиной *l* и шириной *w.* Тогда сила Лоренца, действующая на движущиеся электроны, будет смещать их в направлении одной из граней параллелепипеда до тех пор, пока возникшая таким образом холловская разность потенциалов не скомпенсирует действие силы Лоренца.

где - напряжение, возникшее в результате смещения электронов.

Тогда Холловское напряжение

где n — концентрация носителей зарядов.

Алгоритм вычисления коэффициентов трансформации

Точки, полученные в результате работы не откалиброванного магнитометра лежат на эллипсе. Для описания эллипса нужны четыре точки. Для повышения точности результатов следует брать четыре точки, расположенные относительно друг друга «удачным» образом, но метод получения четырех хороших точек лежит за пределами данной работы.

На основании четырех точек, координаты которых будем обозначать и так далее, можно составить систему уравнений для поиска коэффициентов матрицы трансформации эллипса в сферу

учитывая, что калибровка проводится в однородном поле, то есть модуль вектора — константа. Таким образом, получим уравнение

Добавив аналогичное уравнение для второй точки и преобразовав систему, получим

// α β Δ γ // для копирования

Учтя все начальные точки, получим систему из трех уравнений

Решая эту систему, получаем , где , а получаются из нее заменой первого, второго и третьего столбца соответственно на столбец . Проведя преобразования над определителями, получим

Аналогично определяются

Магнитометр HMC5883L измеряет относительную величину магнитного поля, то один из коэффициентов *α, β* и *γ* можно определить произвольно. Примем коэффициент гамма равным единице. Тогда для вычисления остальных множителей получим систему

Решение этой системы можно получить в виде

Результаты эксперимента

После получения массива точек с помощью магнитометра HMC5883L из них были выбраны четыре точки, хорошо подходящие для алгоритма (метод поиска подходящих точек не входит в эту работу).