

Список информационных источников

1. Смолянский В.А., Стасевский В.И., Костюченко Т.Г. Обеспечение линейного перемещения регистрирующего детектора для настройки томографического комплекса // Автоматизированное проектирование в машиностроении: Материалы III международной заочной научно-практической конференции / НОЦ «МС» - Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2015 - №3. - с. 17 - 20.
2. Стасевский В.И. Линейное перемещение объектов томографического контроля посредством винтовой передачи // Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием/ Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – с. 209 – 211.
3. https://www.boschrexroth.com/ru/ru/products_10/product_groups_10/linear_motion_technology_4/profiled_rail_systems/ball_rail_systems_bshp/all_rail_systems_3).

ФЕРРОЗОНДОВЫЙ МАГНИТОМЕТР ДЛЯ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Тараканец Е.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Баранов П.Ф., к.т.н., доцент кафедры
точного приборостроения*

Ключевые слова: Феррозонд, магнитометр, ориентация, космический аппарат.

Введение

Одним из способов определения угловой ориентации космического аппарата (КА) на орбите Земли является определение ориентации по магнитному полю. Ввиду простоты данного метода, малым требованиям к вычислительной мощности бортовой вычислительной аппаратуры КА и тенденции к миниатюризации КА (всё большее распространение получают КА формата CubeSat, представляющие собой один или несколько соединенных между собой кубов с ребром 100 мм) данный способ определения ориентации в настоящее время является одним из наиболее популярных. В качестве датчиков для измерения магнитного поля Земли в подобных

устройствах широко применяются феррозондовые датчики и магнитометры на их основе.

Феррозондовый магнитометр или феррозонд – это устройство, чувствительное к постоянному или медленно меняющемуся магнитному полю, состоящее из одного или нескольких ферромагнитных сердечников и обмоток, распределенных по их длине [1-3].

Конструкция устройства

Наибольшее распространение получили так называемые дифференциальные феррозонды. Конструкция и схема такого устройства представлена на рисунке 1.

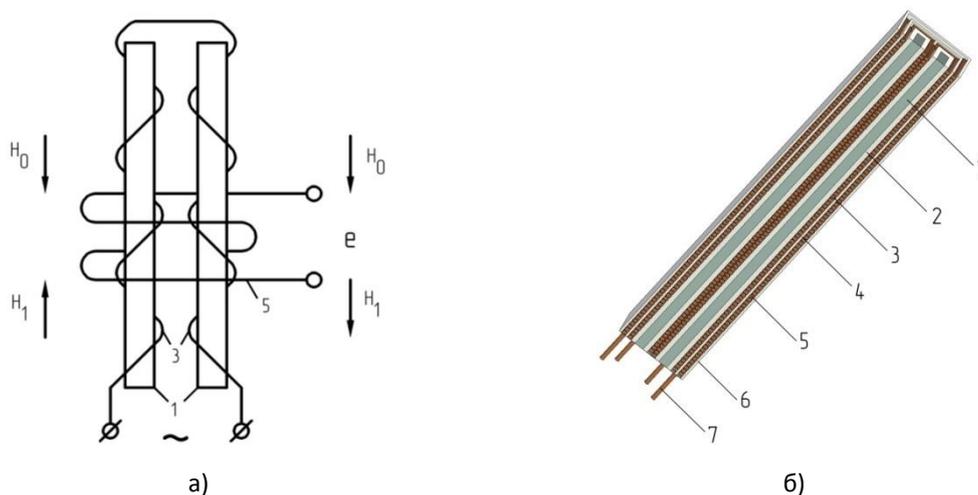


Рисунок 1. Схема (а) и конструкция (б) дифференциального феррозонда

Дифференциальный феррозонд имеет следующую конструкцию. Два одинаковых пермалловых сердечника 1, выполненных в виде тонких стержней или лент прямоугольного сечения, расположены в специальных каркасах 2, параллельно друг другу. Поверх каркасов 2 намотаны последовательно включенные обмотки возбуждения 3, которые образуют цепь возбуждения феррозонда. Эта цепь запитывается переменным током низкой частоты, который создает вокруг прибора магнитное поле возбуждения с напряженностью H_1 . Поверх первичных обмоток 3 устанавливается внутренний каркас 4, на который наматывается общая вторичная обмотка 5, в которой наводится ЭДС, пропорциональная индукции H_0 измеряемого магнитного поля. Вся конструкция устанавливается во внешний каркас

6, а выводы обмоток подпаиваются к выводным контактам 7.

Описание макета

В процессе работы был разработан и изготовлен макет феррозонда (рисунок 2) со следующими характеристиками:

- Размеры сердечников – 100x10x0,05 мм;
- Материал сердечников – пермаллой марки 80НХС;
- Размеры каркасов сердечников – 140x14x3.1 мм;
- Число витков каждой обмотки возбуждения – 550;
- Длина намотки обмоток возбуждения – 66 мм;
- Число витков измерительной обмотки – 490;
- Обмоточный провод – ПЭВШО, диаметром 0,12 мм.

Конструкция корпусов была подобрана таким образом, что бы обеспечить надёжное крепление пермаллоевой ленты внутри корпуса, а так же одинаковый со всех сторон зазор между лентой и обмоткой. Дополнительно, на краях корпусов предусмотрены пазы для фиксации обмоточных проводов.



Рисунок 2. Внешний вид макета феррозонда

Анализ чувствительности макета феррозонда

При анализе чувствительности макета он запитывался переменным током синусоидальной формы с амплитудой 100 мА и частотой 2000 Гц. При этих параметрах возбуждающего тока на выходе измерительной обмотки возникала максимальная ЭДС и не происходил перегрев макета. Максимальная напряженность поля возбуждения, создаваемая обмотками возбуждения составила 2,88 мА/м.

Чувствительность феррозонда по второй гармонике S_2 определяется выражением:

$$S_2 = \frac{1}{ET} \int_0^T [-sw_2 H_q(t) 6a_3 [(H_{изм} + H_{возб}(t))^{-1} - (H_{изм} - H_{возб}(t))^{-1}]] \sin(2\omega t) dt, \quad (1)$$

Где:

- $E = 0,5$ – коэффициент пропорциональности;
- T – период сигнала;
- s – площадь поперечного сечения сердечников;
- w_2 – число витков измерительной обмотки;
- $H_q(t) = dH_{возб}(t)/dt$;
- a_3 – коэффициент аппроксимации кривой намагничивания;
- $H_{изм}$ – напряженность измеряемого поля;
- $H_{возб}(t)$ – напряженность поля возбуждения;
- ω – угловая частота тока, питающего обмотку возбуждения.

Произведя подстановку необходимых числовых значений в выражение (1), было установлено, что значение чувствительности изготовленного макета феррозонда должно составлять $S_2 \approx 60$ мкВ/мкТл.

Амплитуда выходной ЭДС, наводимой в измерительной обмотке феррозонда для второй гармоники определяется выражением:

$$E_2 = -sw_2 H_q(t) 3a_3 [(H_{изм} + H_{возб}(t))^2 - (H_{изм} - H_{возб}(t))^2] \quad (2)$$

Подставив необходимые числовые значения в выражение (2), было установлено, что значение выходной ЭДС, наводимой в измерительной обмотке для второй гармоники должно составлять $E_2 \approx 51$ мкВ.

Выводы

Опираясь на расчётные данные, можно сделать выводы о том, что выходные параметры изготовленного макета достаточно высоки и легко поддаются детектированию и обработке про помощи современных средств измерения, что позволяет говорить о потенциальной возможности применения подобного феррозондового магнитометра как чувствительного элемента системы ориентации КА.

Список информационных источников

1. Афанасьев, Ю. В. Феррозонды / Ю. В. Афанасьев. – Л.: Энергия, 1969. – 168 с.
2. Баранова В.Е., Баранов П.Ф. Пути повышения чувствительности феррозондовых преобразователей // Измерение, контроль, информатизация: материалы XVI международной научно-технической конференции. Том 1. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – С. 57-60.
3. Баранов П.Ф., Муравьев С.В., Огай В.Е., Учайкин С.В. Феррозондовый магнитометр для измерения магнитной индукции до 1 нТл // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320, № 4. – С. 89–92.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАБИЛИЗАТОРА ВИДЕОКАМЕРЫ

Татарников Е.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Гурин Л.Б., к.т.н., доцент кафедры точного приборостроения

На сегодняшний день большой популярностью пользуются «экшн» камеры, которые позволяют спортсменам производить съемку в движении при прыжках с парашютом, езде на велосипеде или мотоцикле, при совершении различных трюков на роликах, лыжах или сноуборде. Такие условия съемки характеризуются большими вибрациями. Колебания оказывают вредное влияние на работу камеры и качество изображения. Для исключения вредного влияния колебаний применяются стабилизирующие устройства.

Целью данной работы является проектирование электронного трехосевого подвеса, предназначенного для демпфирования и стабилизации видеокамеры во время съемки.

В результате анализа различных схем стабилизации [1] было принято решение использовать индикаторную стабилизацию «экшн» камеры, в которой чувствительным элементом является датчик угловой скорости, определяющий скорость отклонения луча визирования камеры относительно плоскости горизонта.

Устройство обеспечивает стабилизацию камеры по трем осям.

На каждой оси имеется датчик момента (Дм) и датчик угла (Ду). Камера жестко прикрепляется к опоре, имеющей трехосный датчик угловой скорости (Дус). Сигнал датчика угловой скорости интегрируется в интеграторе (И).