



Об одном подходе к реализации малогабаритного магнитометрического датчика для охранно-сигнализационных приборов

А. А. Прыщак

Пензенский государственный университет, Россия, 440026 г. Пенза, ул. Красная, 40

Аннотация. Предложен вариант построения магнитометрического датчика движущихся наземных объектов на базе микросхемных магниторезисторов в качестве чувствительных элементов.

Ключевые слова: датчик, магниторезистор, измерительный мост, микроконтроллер.

An approach to the implementation of a small-sized magnetometric sensor for security and alarm devices

A. A. Pryshchak

Penza State University, 40 Krasnaya Street, 440026, Penza, Russia

Abstract. A constructing option of a magnetometric sensor of mobile ground objects based on microcircuit magnetoresistors as sensitive elements is suggested.

Key words: sensor, magnetoresistor, measuring bridge, microcontroller.

К охранно-сигнализационным приборам (ОСП), используемым в полевых условиях для скрытого обнаружения движения вооруженного злоумышленника или транспорта в охраняемой зоне, в настоящее время предъявляются высокие требования по высокой чувствительности, длительной автономной работе и малым габаритам. Одним из возможных физических принципов реализации ОСП, удовлетворяющим этим требованиям, является магнитометрический принцип (регистрация изменений индукции магнитного поля, вызванных перемещением ферромагнитных предметов в зоне обнаружения).

Структурная схема типового магнитометрического датчика представлена на рис. 1.

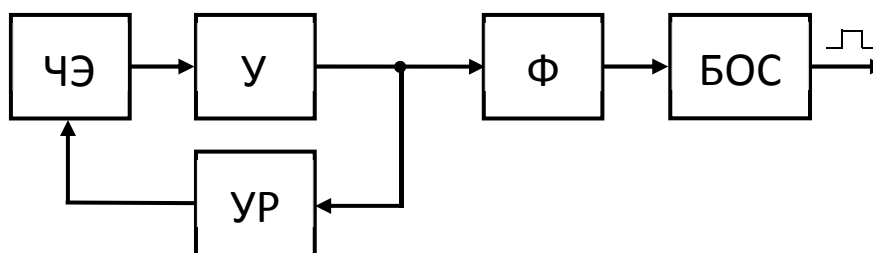


Рис. 1. Структурная схема типового магнитометрического датчика

Структурная схема содержит: чувствительный элемент (ЧЭ); усилитель сигнала (У); частотно-избирательный фильтр (Ф); блок обработки сигнала (БОС); устройство регулировки и настройки чувствительного элемента (УР).

Чувствительный элемент магнитометрического датчика необходим для преобразования изменений магнитного поля в электрический сигнал. Такое преобразование могут осуществлять феррозонды, магнитотранзисторы, магнитооптические датчики, датчики на основе эффекта Холла. В данной работе в качестве ЧЭ предлагается использовать магниторезисторы.

Магниторезистор – это полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление которого зависит от магнитного поля.

Магниторезистор представляет собой изоляционную подложку, на которую наклеен слой вещества. К полупроводниковой пластине подпаиваются или привариваются токоподводы.

Часто для увеличения активного сопротивления и получения небольших габаритов магниторезистора полупроводниковая пластина изготавливается в форме меандра (рис. 2).

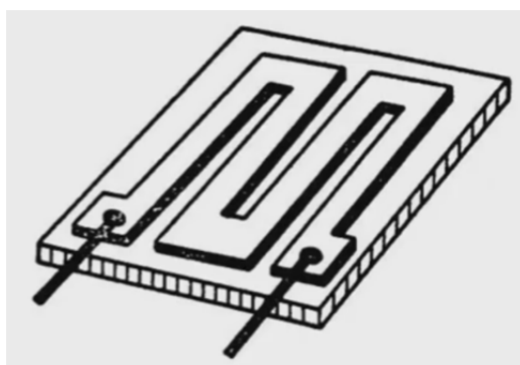


Рис. 2. Внутреннее строение магниторезистора

Достоинством магниторезисторов является микросхемность исполнения и низкая стоимость. Недостаток – невысокий коэффициент преобразования магнитного поля в сопротивление. Чтобы повысить чувствительность преобразователя на магниторезисторах используются равноплечие измерительные мосты.

В настоящее время магниторезисторы совместно с измерительными мостами изготавливаются в виде микросхем. Компания HONEYWELL имеет широкую номенклатуру таких изделий, отличающихся друг от друга в основном количеством измеряющих осей (рис. 3). Для работы такой микросхемы достаточно подвести к ней опорное напряжение, подключить схему сброса/установки (для переориентации магнитных доменов перед началом измерения) и, естественно, подключить выходы моста к усилителю.

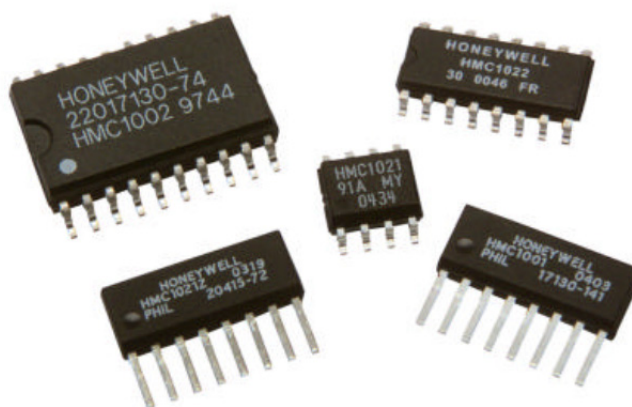


Рис. 3. Микросхемы HONEYWELL

Усилитель предназначен для увеличения сигнала до уровня, достаточного для последующей его обработки и анализа. Проведенные эксперименты показали, что при использовании магниторезисторов фирмы HONEYWELL усиление должно быть обеспечено в несколько сотен единиц.

Как отмечалось ранее, выходной сигнал чувствительного элемента является разностным, поэтому для усиления таких сигналов и подавления синфазных помех используются дифференциальные каскады. Наиболее целесообразным является применение малопотребляющих инструментальных дифференциальных усилителей. Они обладают низким уровнем собственных шумов и высоким значением коэффициента ослабления синфазного сигнала. Как правило, такие усилители представляют собой сборку из двух или более операционных усилителей (рис. 4).

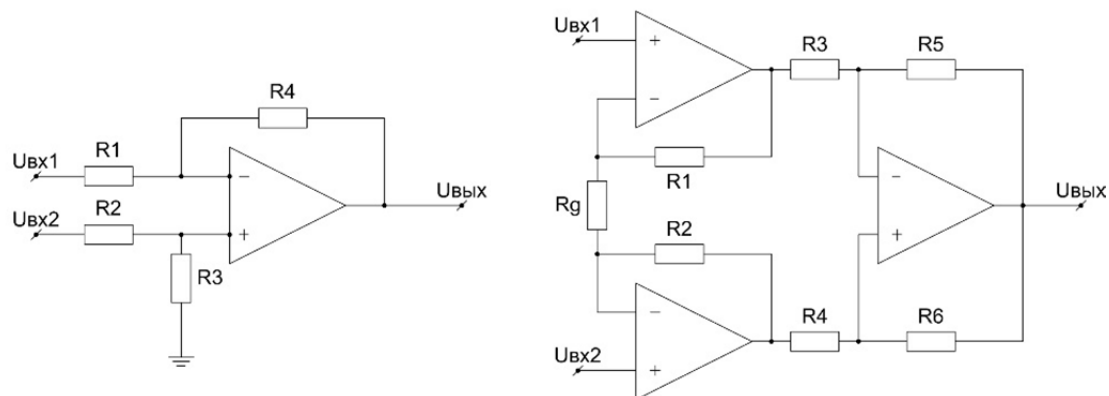


Рис. 4. Схемные реализации дифференциальных усилительных каскадов

Частотно-избирательный фильтр обеспечивает повышение отношения сигнал/шум перед обработкой сигнала в БОС, что увеличивает помехоустойчивость и надежность работы ОСП в целом.

Особенностью фильтра является его работа в инфранизкочастотном диапазоне. На рис. 5 приведен спектр мощности полезного сигнала магнитометрического датчика. Рисунок 5 показывает, что эффективная полоса пропускания фильтра не должна превышать 0,5...1 Гц.

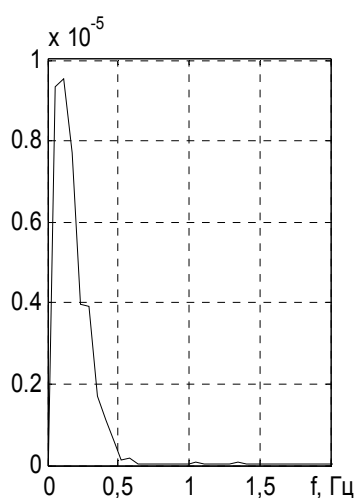


Рис. 5. Спектр мощности сигнала магнитометрического датчика

Для обеспечения качественной фильтрации сигналов в таком узком диапазоне частот необходимо применение только активных фильтров на операционных усилителях. Компьютерное моделирование показало, что приемлемую фильтрацию обеспечивает фильтр нижних частот Баттерворта 4-го порядка с частотой среза характеристики 1 Гц. Такой фильтр на практике реализуется как двухзвенный. Принципиальная схема каждого звена имеет вид, показанный на рис. 6.

При эксплуатации сигнализационного прибора в полевых условиях он неизбежно оказывается под воздействием перепадов температур. Вследствие этого баланс измерительного моста нарушается, и на его выходах происходит смещение нулевого уровня.

Смещение этого уровня уменьшает динамический диапазон работы чувствительного элемента и может вызвать искажения формы полезного сигнала. Кроме того, смещение постоянного уровня в измерительной диагонали моста от нулевого значения снижает чувствительность моста к измеряемой

физической величине. Поэтому чтобы не потерять чувствительность и не ухудшить линейность преобразования, в магнитометрический датчик необходимо дополнительно вводить элементы, корректирующие измерительный мост при воздействии на устройство внешних дестабилизирующих факторов.

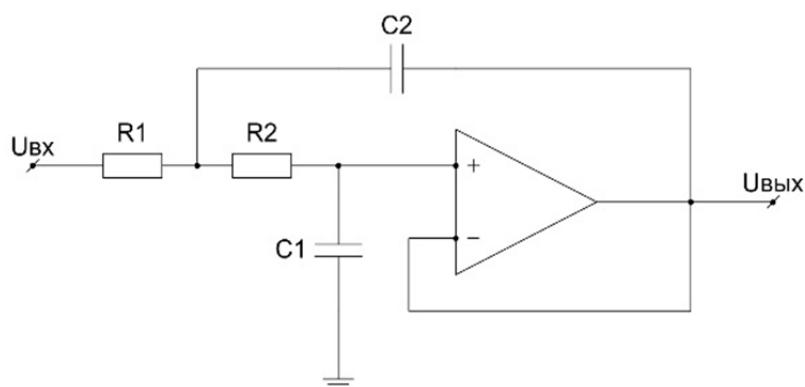


Рис. 6. Звено фильтра нижних частот Баттерворта 2-го порядка

Устройство регулировки в качестве исполнительного элемента использует потенциометр, включенный в измерительный мост, как показано на рис. 7.

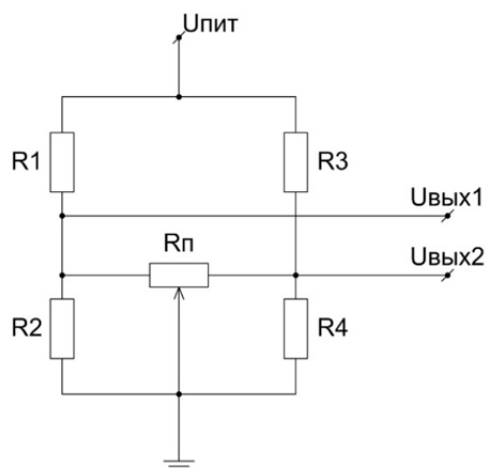


Рис. 7. Схема измерительного моста с регулировочным потенциометром

Перемещения движка потенциометра в разные стороны от среднего положения приводят к изменению знака и уровня напряжения, снимаемого с измерительной диагонали. Восстановление баланса моста сводится к изменению положения движка потенциометра до положения, при котором напряжение в измерительной диагонали начинает менять знак.

Очевидно, что в автономных устройствах такая подстройка должна производиться автоматически и достаточно точно. Высокую точность обеспечивает применение цифрового потенциометра.

На рис. 8 представлена микросхема цифрового потенциометра AD5242 компании AnalogDevices на 256 дискретных состояний.

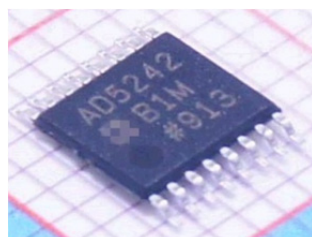


Рис. 8. Цифровой потенциометр AD5242

Основным достоинством данной микросхемы является возможность управления ею с помощью простых микроконтроллеров.

Использование цифрового потенциометра обуславливает реализацию УР на базе микроконтроллера. Для повышения чувствительности регулировки используется сигнал, снимаемый с выхода усилителя.

При однополярном питании измерительного моста на выходе усилителя номинальное постоянное напряжение равно половине питающего напряжения. Относительно этого значения устанавливаются два пороговых уровня, пересечение которых средним уровнем приводит к началу балансировки моста.

Блок обработки сигнала предназначен для анализа сигнала, вычисления его полезных признаков, а также для принятия решения на основе этих признаков об обнаружении объекта. Описание алгоритма обработки сигнала выходит за рамки настоящей статьи. Разработанный алгоритм в настоящее время находится на стадии патентования. Следует только отметить, что для реализации алгоритма достаточно использования обычного микропотребляющего контроллера, который одновременно может обеспечить и цифровую балансировку измерительного моста.

С использованием описанного подхода к построению магнитометрического датчика был изготовлен экспериментальный макет обнаружителя с использованием микроконтроллера PIC18LF2520. Его испытания в натуральных условиях показали уверенное обнаружение проезда легкового автомобиля на расстоянии до 15 м со скоростью 40...70 км/ч и прохода человека с автоматом на расстоянии до 2 м от датчика.

Прыщак, А. А.

Об одном подходе к реализации малогабаритного магнитометрического датчика для охранно-сигнализационных приборов / А. А. Прыщак // Инжиниринг и технологии. – 2017. – Vol. 2(2). – DOI 10.21685/2587-7704-2017-2-2-6