КАЛИБРОВКА ДЕТЕКТОРА ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНОГО МАГНИТОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА HMC1001

CALIBRATION OF THE DETECTOR OF CONSTANT MAGNETIC FIELD ON THE BASIS OF ANISOTROPIC MAGNETORESISTIVE SENSOR HMC1001

V. Bondarenko
I. Markina

Summary. The article describes calibration of the detector of constant magnetic field on the basis of anisotropic magnetoresistive sensor HMC1001 using additional coils, provided as the design of the sensors of the family Honeywell. A block diagram of an apparatus for measuring the main characteristics of the sensor is presented. The results of calibration of six pieces of detectors of a constant magnetic field are presented

Keywords: calibration, magnetic field, magnetoresistive sensor, sensitivity of the detector, offset voltage.

Бондаренко Валерий Гаврилович
К.ф.-м.н., в.н.с., ГНЦ РФ — Институт медико–биологических проблем Российской академии наук
vbmephi@indox.ru
Маркина Ирина Сергеевна
Ведущий инженер, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
ir.mark.45@mail.ru

Аннотация. В статье описана калибровка детектора постоянного магнитного поля на основе анизотропного магниторезистивного датчика HMC1001 с использованием дополнительных катушек, предусмотренных конструкцией датчиков семейства Honeywell. Приведена структурная схема установки для измерения основных характеристик детектора. Представлены результаты калибровки шести экземпляров детекторов постоянного магнитного поля.

Ключевые слова: калибровка, мостовая схема, магниторезистивный датчик, чувствительность детектора, напряжение смещения, магнитное поле.

Калибровка магниторезистивных датчиков семейства Honeywell основана на использовании их внутренних катушек, что заметно упрощает схему измерения характеристик детектора. В дополнение к мостовой схеме на подложке датчика расположены две встроенные плоские катушки, окружающие резисторный мост. Это катушки — компенсационная OFFSET и сброса-установки SET/RESET [2]. Основное назначение внутренней катушки OFFSET — компенсация воздействия техногенных магнитных полей, также катушку OFFSET можно использовать для калибровки датчика. Функциональная схема детектора постоянного магнитного поля на основе датчика HMC1001 показана на рис. 1.

Прецизионный инструментальный усилитель (ИУ) в интегральном исполнении, смонтированный в непосредственной близости от выходов детектора для обеспечения минимального уровня шумов, усиливает разность сигналов (Кус=100), поступающих с противоположных плеч мостовой схемы, преобразуя их в выходной однополярный сигнал Uout. [1].

Функциональная схема установки для калибровки детектора магнитного поля приведена на рис. 2. Установка включает детектор постоянного магнитного поля (МП) на базе датчика HMC1001, формирователь S/R импульсов, генератор токов Ioff, амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП) и компьютер PC.

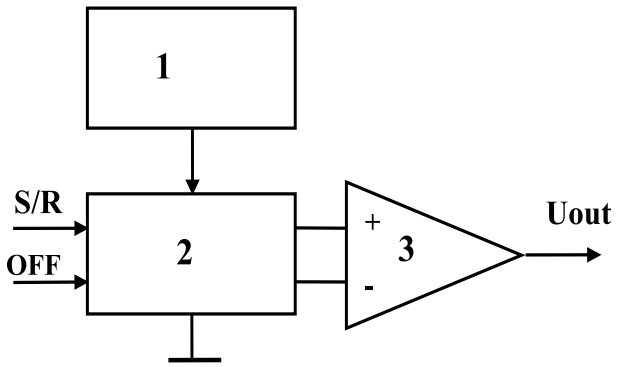

Рис. 1. Функциональная схема детектора магнитного поля, где: 1 — стабилизатор питания датчика, 2 — датчик HMC1001, 3 — инструментальный усилитель.

Структурные схемы формирователя импульсов S/R и генератора постоянного регулируемого тока I_{OFF} представлены, соответственно, на рис. 2а и 2б.

Формирователь S/R срабатывает от схемы однократного пуска, генерируя короткие импульса мощного тока

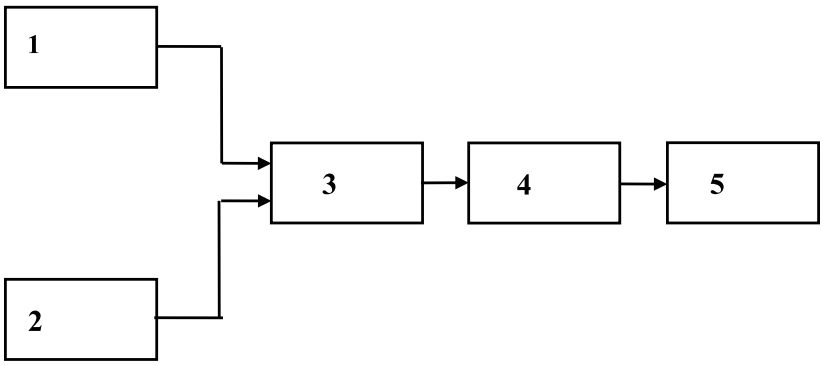

Рис. 2. Функциональная схема установки для калибровки детектора постоянного магнитного поля, где: 1 — формирователь импульсов, 2 — генератор регулируемых токов, 3 — детектор магнитного поля, 4 — АЦП, 5 — компьютер PC.

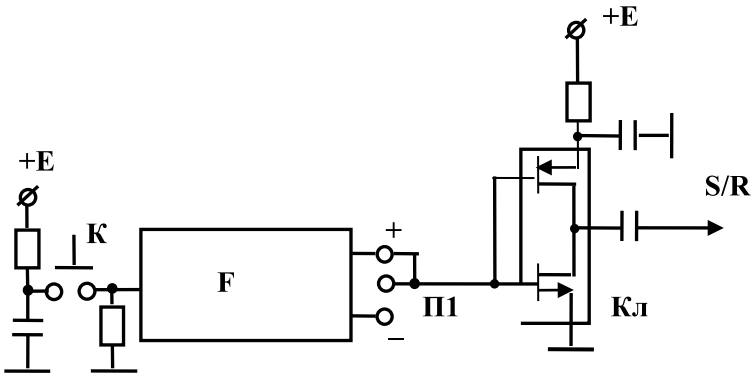

Рис. 2а. Функциональная схема формирователя S/R импульсов, где: К — кнопка однократного запуска, F — формирователь управляющего импульса, П1 — переключатель полярности импульса запуска, Кл — КМОП ключ.

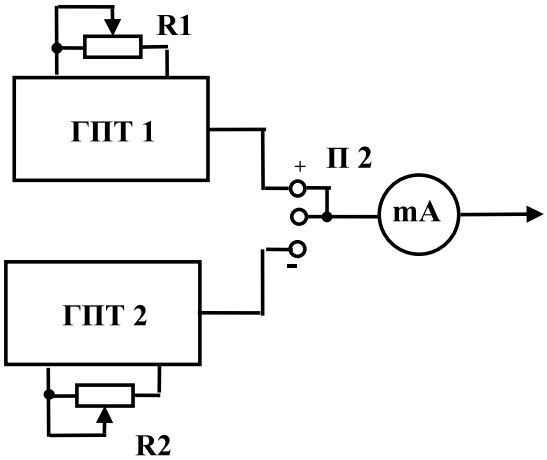

Рис. 2б. Функциональная схема генератора токов IOFF, где: ГПТ 1 — генератор постоянного тока I+OFF (положительная полярность), ГПТ 2 — генератор постоянного тока I–OFF (отрицательная полярность), R1 — регулятор тока I+OFF, R2 — регулятор тока I–OFF, П2 — переключатель полярности токов, mA– миллиамперметр.

Таблица 1. Результаты калибровки детекторов магнитного поля

№№ детекторов	Uсм, мВ	ΔUout/ΔI, мВ/мА	ΔUout/ΔB, мВ/мкТл	Uкомп(Ioff=0), мВ
1	-427,0±0,2	29,2±0,3	14,6±0,2	-73,5±0,2
2	-518,6±0,1	28,4±0,2	14,2±0,1	353,2 ±0,2
3	-831,0±0,2	29,4±0,4	14,7±0,2	282,2±0,2
4	-365,0±0,2	28,8±0,1	14,4±0,1	-115,1±0,2
5	-1268,0±0,2	28,9±0,2	14,5±0,1	321,5±0,2
6	770,7±0,2	29,6±0,2	14,8±0,1	16,0±0,2

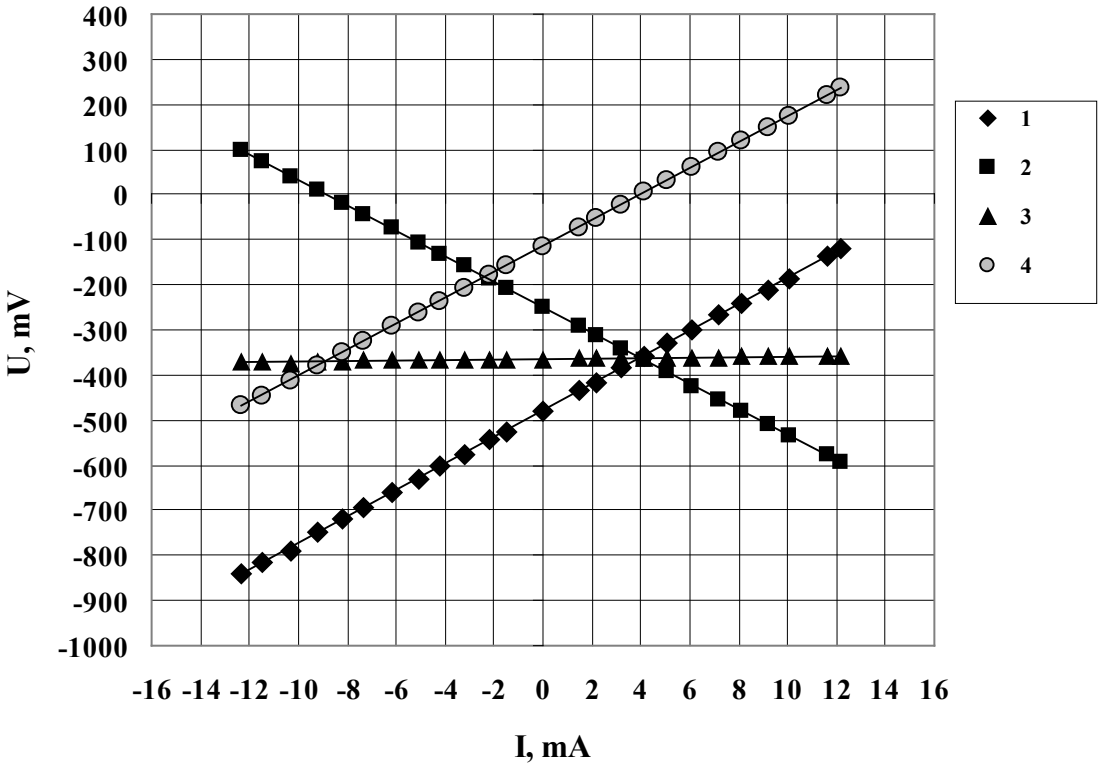

Рис. 3. Результаты калибровки детектора № 4, где:
1 — положительная ветвь характеристики, 2 — отрицательная ветвь,
3 — напряжение смещения моста, 4 –положительная ветвь с компенсацией напряжения смещения.

S/R (t_u = 2мкс, I = 4А). Полярность S/R импульсов, которая задается положением переключателя П1, определяется полярностью запускающего импульса. Импульсы тока поступают на катушку SET/RESET, обмотки которой подключены к соответствующим выводам датчика HMC1001. В зависимости от полярности импульса S/R осуществляется переключение датчика на соответствующую ветвь характеристики.

Ток смещения I_{OFF}, поступающий на катушку OFFSET, задается генераторами постоянного регулируемого тока ГПТ 1 (положительная полярность) и ГПТ 2 (отрицательная полярность). Величина тока задается с помощью многооборотных переменных резисторов R1 и R2 в диапазоне ±15мА, что соответствует пределам индукции магнитного поля ±30мкТл. Полярность тока I_{OFF}, поступающего на катушку OFFSET, определяется положением переключателя П2. Значение тока I_{OFF} контролируется миллиамперметром с точностью ±0,1мА.

Шаг задаваемых токов составлял 1мА. Количество точек измерения для каждого детектора составляло 30. Для каждого значения задаваемого тока I_{OFF} измерения Uout проводились на обеих ветвях характеристики датчика с переключением П1 и однократным запуском формирователя S/R. Результаты измерений обрабатывались программой ORIGIN7.5 и представлялись в виде графиков U^{+}out(Ioff) и U^{-}out(Ioff) для двух ветвей.

На рис. 3 в качестве примера приведены результаты калибровки для детектора № 4. При выполнении линейной аппроксимации полученных данных в виде Uout=A+K*Ioff программа вычисляла параметры линейной зависимости A и K, где A = Uout (Ioff=0); K = ΔUout/ΔIoff.

Затем определялось напряжение смещения моста Uсм(Ioff) для данного детектора: Uсм(Ioff) = [U^+out(Ioff) + U^-out(Ioff)]/2. Положительная ветвь характеристики с компенсацией напряжения смещения вычислялась по формуле: U^+комп(I_{OFF}) = [U^+out(Ioff) –U^-out(Ioff)]/2.

Из полученных данных нетрудно получить выходное напряжение детектора за вычетом напряжения смещения моста при I_{OFF}=0, чувствительность детектора K = ΔUout/ΔIoff (мВ/мА) и коэффициент ΔUout/ΔB в единицах мВ/мкТл при паспортной чувствительности 0,5мА/мкТл [2].

Результаты калибровки для шести детекторов постоянного МП представлены в таблице 1.

Среднее значение чувствительности детекторов ΔUout/ΔB равно (14,5±0,2) мВ/мкТл и хорошо описывается распределением Гаусса.

Таким образом, в результате проведенной калибровки детектора постоянного магнитного поля на основе анизотропного магниторезистивного датчика HMC1001 получены величины смещения

электрического моста и коэффициент преобразования выходного напряжения детектора в напряженность магнитного поля (магнитную индукцию).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В. Г., Маркина И. С. Анизотропный магниторезистивный датчик — детектор постоянного магнитного поля // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». —2018, № 12, -с. 59–62
2. HMC1001/1002/1021/1022/DATA_SHEET.pdf www.51.honeywell.com

© Бондаренко Валерий Гаврилович (vbmephi@indox.ru), Маркина Ирина Сергеевна (ir.mark.45@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Российская Академия Наук