



Э.А. Кильметов, А.И. Заико

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИИС КОНТРОЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БАЗЕ АМР МОДУЛЯ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### Аннотация

Экспериментальное определение характеристик АМР модуля. Определение оптимальных параметров работы анизотропного магниторезистивного сенсорного модуля.

### Введение

ИИС на основе АМР модуля, используется для решения различных задач магнитометрии: определения курса объекта по магнитному полю Земли, измерения бесконтактным способом угла поворота и линейного перемещения объекта, скорости объекта, распознавания образа ферромагнитных объектов и работы в составе датчиков тока с гальванической развязкой [1].

Экспериментальное исследование ИИС на основе АМР - датчика, является предметом данной статьи.

**Установка для поверки ИИС.** Рассмотрим средство поверки и градуировки датчиков слабых магнитных полей. Для этого необходимо иметь меру магнитной индукции постоянного поля [2]. В качестве меры используется двухкомпонентная катушка (кольца Гельмгольца) и источник постоянного тока [3, 4]. Погрешность источника меры должна быть по крайней мере в три раза меньше, чем погрешность поверяемого средства измерения [5]. Для поверяемого датчика, неоднородность поля, воспроизводимого мерой не должна превышать 0,1-0,3 % в объеме, датчика. Размеры поверяемого датчика 40×40×20 мм.

В качестве испытательной установки использовалась камера экранированная "ЭК-40" (эффективность экранирования: 120 дБ), программируемый источник постоянного тока "АКИП-1129", установка магнитной индукции поверочная "УМИП-02 №01", магнитометр трехкомпонентный малогабаритный "МТМ-01", экспериментальный образец магнитометра "GIMS-1.t" схема эксперимента, представлена на рис. 1.

Создание магнитного поля с помощью катушек Гельмгольца. Для создания однородного поля катушки соединяются последовательно с источником тока. Используя закон Био-Савара-Лапласа, рассчитываем поле одной катушки в произвольной точке  $x$  [6]. Согласно принципу суперпозиции, результирующее поле, создаваемое катушками Гельмгольца, равно векторной сумме полей, создаваемых каждой катушкой в отдельности. Если направление тока в обеих катушках совпадает и для катушек Гельмгольца  $h = R/2$  то индукция поля двух катушек имеет вид представленный на рис. 2. График относительной погрешности (неоднородности) магнитного поля  $\delta x$ , где значение  $R$  катушки поверочной установки "УМИП-02 №01" имеет значение 0,3 Ом, координаты по оси  $x$  расстояние от центра катушек.

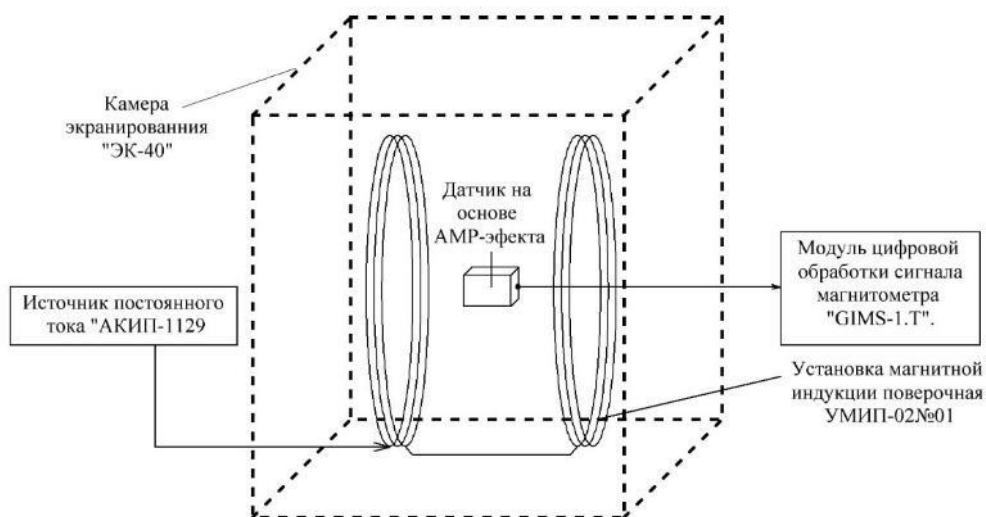


Рис. 1. Схема поверочной установки

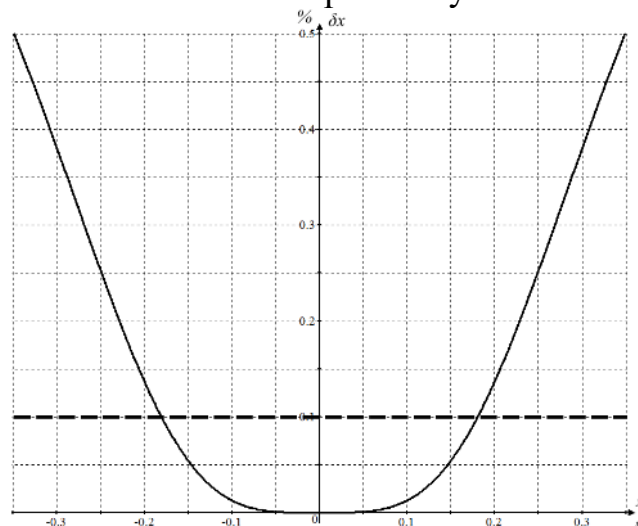


Рис. 2. Погрешность (неоднородность)  $\Delta x(x)$  магнитного поля, созданного катушками Гельмгольца

Из рис. 2. видно, что погрешность магнитного поля  $\Delta x \leq 1\%$  может быть получена на относительном расстоянии от геометрического центра до 0,16 м. Расчеты показали, что область однородности магнитного поля, создаваемого катушками Гельмгольца, ограничена достаточно небольшим объемом в центре системы катушек. Габариты поверяемого датчика магнитного поля значительно меньше области однородности.

В ходе экспериментальных испытаний были получены оптимальные параметры работы АМР модуля, позволившие получить высокую чувствительность и разрешающую способность.

В табл. 1 приведены результаты измерения магнитной индукции с помощью ИИС в диапазоне от 10 мкТл до 150 мкТл. Так же для сравнительной оценки регистрировались данные с ближайшего аналога магнитометра "МТМ-01". С помощью программируемого источника постоянного тока "АКИП-1129" и установки для создания магнитной индукции "УМИП-02 №01" создавалось



магнитное поле  $B_{\text{эт}}$  от 10 мкТл до 150 мкТл. Для минимизации магнитного поля Земли поверочная установка помещалась в экранированную камеру "ЭК-40". С помощью модуля цифровой обработки сигнала измерялось напряжение с выхода датчика.

Таблица 1. Результаты измерения магнитной индукции

№	Ток через катушки, А	Вэт, мкТл	Uизм, В	$\Delta B$ , %
1	1,0	10,223	43,119	1,327
2	1,1	11,246	46,037	1,651
3	1,2	12,268	51,865	1,565
4	1,3	13,290	54,920	0,725
5	1,4	14,313	59,636	0,100
6	1,5	15,335	63,245	0,919
7	1,6	16,357	66,850	1,817
8	1,7	17,380	72,194	0,205
9	1,8	18,402	75,101	1,954
10	1,9	19,424	82,459	1,986
11	2,0	20,447	86,608	1,761
12	3,0	30,670	129,105	1,129
13	4,0	40,893	173,404	1,872
14	5,0	51,116	210,125	1,245
15	6,0	61,340	254,663	0,260
16	7,0	71,563	303,206	1,787
17	8,0	81,786	335,659	1,403
18	9,0	92,010	378,011	1,300
19	10,0	102,233	419,406	1,443
20	11,0	112,456	458,891	1,967
21	12,0	122,680	491,212	3,807
22	13,0	132,903	533,189	3,619
23	14,0	143,126	575,995	3,318
24	15,0	153,349	609,348	4,538

Из данных следует, что ИИС позволяет проводить измерения магнитной индукции в диапазоне  $\pm 100$  мкТл с относительной погрешностью не более 2 % и  $\pm 150$  мкТл с погрешностью не более 5 %.

#### Вывод

Таким образом, разработанная ИИС с датчиком основанном на АМР – эффекте для измерения слабых магнитных полей, позволяет проводить измерения магнитной индукции в диапазоне  $\pm 100$  мкТл с разрешающей способностью 27 нТл и относительной погрешностью не более  $\pm 2$  %.

На основе экспериментальных данных выданы рекомендации по выбору амплитуды и частоты подачи импульсов подмагничивания, имеющие максимальные значения чувствительности датчика.



### Литература

1. Котенко Г. И. Магниторезисторы. М.: Энергия, 1972. -80 с.
2. Воробьев А.В. Иванова Г.А. Кильметов Э.А. Исследование, моделирование и расчет мостовых сенсорных модулей, построенных на базе АМР-эффекта. Вестник УГАТУ. - № 4(57), Т. 17, - Уфа: УГАТУ, 2013. С. 144-151.
3. Schill R.A., Karin H. Characterizing and calibrating a large Helmholtz coil at low ac magnetic field levels with peak magnitudes below the earth's magnetic field // Review of Scientific Instruments. – 2001. – Vol. 72, № 6. – P. 2769-2776.
4. Po Gyu Park, Kim Y.G., Kalabin V.N., Shifrin V.Y., AC magnetic flux density standards in the low frequency range // Conference on Precision Electromagnetic Measurements. Conference Digest. CPEM 2008. – Broomfield, June 8-13, 2008. – P. 456-457.
5. Po Gyu Park, Kim Y.G., Kim W.S., Shifrin V.Y., AC/DC magnetic flux density standard systems at KRISS // Conference on Precision Electromagnetic Measurements. Conference Digest. CPEM 2010. – Daejeon, June 13-18, 2010. – P. 312-313.
6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Высшая школа 1996, 638 с.

Г.С. Кириченко, Е.А. Слесарева

### ЭЛЕКТРОННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗДЕЛИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара)

В рамках новой идеологии построения систем управления производством наукоемких предприятий рассматриваются такие понятия как электронное описание изделия (ЭОИ) и электронная структура изделия (ЭСИ), которые являются важнейшими элементами единого информационного пространства (ЕИП) предприятия и обеспечивают информационную поддержку проектирования.

*Единое информационное пространство, информационный объект, электронное описание изделия, электронная структура изделия.*

По ГОСТ 2.054—2013 ЭОИ представляет собой логически полную совокупность информационных объектов (ИО), содержащих всю необходимую информацию, описывающую конструкцию изделия и свойства (характеристики) изделия (составных частей (СЧ)) на конкретной стадии разработки [1].

Тот же ГОСТ говорит, что «ЭОИ консолидирует техническую (конструкторскую) информацию об изделии и обеспечивает взаимосвязь данных, полученных в ходе выполнения стадий жизненного цикла изделия (проектирование (разработка) и изготовление, эксплуатация, ремонт и утилизация). В зависимости от назначения при использовании в процессах обработки и управления данными, информация о конструкции и свойствах изделия в ЭОИ может быть представлена в виде: набора электронных конструкторских данных; электрон-