

Рис. 1

### Литература

1. Беллман Р. Динамическое программирование. Москва. ИЛ. 1960.
2. Заболотнов Ю. М., Любимов В.В. Вторичные резонансные эффекты при вращении твердого тела вокруг неподвижной точки // Механика твердого тела. 2002. № 1. С. 49-59.

А.И. Заико, Э.А. Кильметов

## ПРИМЕНЕНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ГМВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В настоящее время широкое распространение получают датчики, основанные на анизотропном магниторезистивном (АМР) эффекте. Информационно-измерительные системы (ИИС), построенные на базе АМР датчиков, являются менее габаритными, тем самым получают возможность встраивания в различные готовые решения.

Создание специализированных геоинформационных систем, обеспечивающих регистрацию параметров геомагнитных возмущений (ГМВ) естественной природы происхождения, является актуальным.

В случае приложения внешнего (исследуемого) магнитного поля  $H$ , к отдельно взятому АМР-элементу, поле поворачивает вектор намагниченности тонкой магнитной пленки на угол  $\beta$ . Значение  $\beta$  зависит от направления и величины  $H$ , при этом сопротивление пермаллоевой пленки имеет не линейную зависимость от приложенного поля. В значительной мере лианеризовать выходную характеристику АМР-элемента возможно, путем задания так называемой «зазубренной» (в оригинале от англ. barber-pole) [4] структуры, схематически представленной на рис. 1. В этом случае, когда  $H \ll H_0$  сопротивление АМР-сенсора будет определяться соотношением



$$R \approx R_{B=0} \pm \Delta R_{max} \frac{H}{H_0} \quad (1)$$

где  $H_0$  – подмагничивающее поле. Угол наклона пермаллоевых и немагнитных полосок относительно общей ориентации AMR -элемента в пространстве соответствует  $45^\circ$ . [2]



Рис. 1. Структура типа «barber-pole» единичного AMР-элемента

Рассмотрим соединение единичных AMР-элементов (рис. 1) по принципу полностью дифференциального измерительного моста. Физически, данная структура представляет собой четыре эквивалентных «barber-pole» AMР-элемента, соединенных по схеме, представляющей из себя плечи измерительного моста (рис. 2). Напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста, будет определяться в соответствии с выражением (2). [3]

$$U = \left( \frac{R1}{R1+R4} - \frac{R2}{R2+R3} \right) U_0, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста;  $R1, R2, R3, R4$  – сопротивление плеч измерительного моста (рис. 2);  $U_0$  – напряжение питания моста.

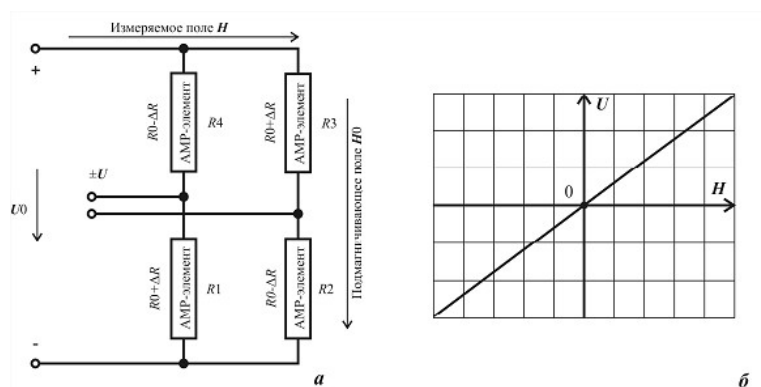


Рис. 2. Мостовая схема соединения AMР-элементов и ее тесла-вольтная характеристика

Допуская, что все AMР-элементы входящие в состав измерительного моста физически эквивалентны между собой, выражение (2), можно переписать в виде выражения

$$U(H) = 2U_0 \Delta R_{max} \left( \frac{H}{H_0} \right) \sqrt{1 - \left( \frac{H}{H_0} \right)^2} \approx 2U_0 \Delta R_{max} \left( \frac{H}{H_0} \right). \quad (3)$$

Из выражения (3) очевидно, что напряжение на выходе мостового AMР-сенсора, построенного в соответствии со структурой, приведенной на рис.



2, 3 квазилинейно по своей природе и прямо пропорционально зависит от напряжения питания моста и чувствительно к знаку поля (рис. 2, б).

Таким образом, выражение (3) представляет собой универсальную модель мостового АМР-сенсора, учитывающую основные процессы, протекающие в «*barber-pole*» тонких магнитных пленках, имеющую при этом лаконичную форму записи, а потому удобную при инженерно-технических расчетах.

### Литература

1. Воробьев А.В. Магнитные материалы и элементы электронных устройств – Уфа: Издательство УГАТУ, 2012. – 154 с.
2. Воробьев А. В., Зигангиров Л.Р. Автоматизированная система управления подмагничиванием прецизионных магниторезистивных измерительных преобразователей // Приборы №4 (130), 2011. – С. 24-27.
3. Analog Devices Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. – М.: Автекс 2003, С. 17 - 20.
4. Патент 125398 РФ, Магниторезистивный сенсорный модуль / А.В Воробьев, А.И. Заико, Э.А. Кильметов. – Опубл. 24.04.13. Бюл. №16 – 4с.:ил.

В.Е. Зотеев, А.А. Свистунова

## ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

(Самарский государственный технический университет)

При расчете и исследовании полей остаточных напряжений и пластических деформаций в поверхностно-упрочненном цилиндрическом изделии одной из основных задач является задача достоверной оценки параметров аппроксимации экспериментальных зависимостей остаточных напряжений  $\sigma_{\theta}^{res}(r)$ . Эта зависимость от глубины  $r$  упрочненного слоя цилиндрического образца, как правило, описывается аналитической функцией вида

$$\sigma_{\theta}^{res}(r) = \sigma_0 - \sigma_1 \exp\left[-\alpha(a-r)^2\right] \quad (1)$$

где  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  и  $b$  – параметры, подлежащие определению [1]. Известный подход к решению этой задачи не предполагает в своих алгоритмах применения статистических методов обработки результатов эксперимента [1]. Он, как правило, использует информацию о двух, специальным образом выбранных, точках кривой (1) и дополнительное условие, связывающее её параметры. При этом практически все точки эксперимента в вычислениях параметров зависимости (1) не участвуют, что является существенным недостатком такого метода.