

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНЫМ СОСТОЯНИЕМ ИЗДЕЛИЯ ИЗ МАГНИТОМЯГКОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ

Наракидзе Н.Д.¹, Ланкин А.М.¹, Ланкин М.В.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск, Россия (346428, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), e-mail: lankinjohn@rambler.ru

В статье описан адаптивный алгоритм управления магнитным состоянием изделия из магнитомягкого материала при определении основной кривой намагничивания. Алгоритм заключается в том, что в ходе этапа размагничивания в знакопеременном поле, измеряется амплитуда импульсов размагничивающего поля и приращения индукции, затем определяется оптимальное число точек основной кривой намагничивания, в которых требуется выполнить измерение для линейной аппроксимации. Суть предложенного алгоритма заключается в проведении анализа модуля второй производной изменения индукции по напряженности. Проводится корректировка результатов определения основной кривой намагничивания путем фильтрации. Применение разработанного метода позволяет оптимизировать количество измеряемых точек основной кривой намагничивания, а также увеличить производительность операций контроля при сохранении приемлемой точности.

Ключевые слова: основная кривая намагничивания, управление магнитным состоянием, магнитомягкие материалы

ADAPTIVE CONTROL ALGORITHMS MAGNETIC STATE OF THE PRODUCT OF MAGNETIC MATERIAL IN THE DETERMINATION OF BASIC MAGNETIZATION CURVE

Narakidze N.D.¹, Lankin A.M.¹, Lankin M.V.¹

¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Educational "Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)", Novocherkassk, Russia (346428, Novocherkassk, st. Prosvjashenija, 132), e-mail: lankinjohn@rambler.ru

This article describes an adaptive algorithm for controlling the magnetic state of the product of magnetic material in the determination of basic magnetization curve. Algorithm is that during the phase of an alternating field demagnetization in the measured pulse amplitude of the demagnetizing field and the change of induction, resulting in the optimal number of points is determined by the basic magnetization curve, which is required to perform the measurement of the linear approximation. The essence of the proposed algorithm is the analysis module of the second derivative changes in intensity of induction. Adjustments to the results of determining the basic magnetization curve by filtration. Application of this method to optimize the number of measured points of the basic magnetization curve, as well as improve the performance of control operations while maintaining acceptable accuracy.

Keywords: basic magnetization curve, magnetic state control, magneto-soft materials

Для изделий из магнитомягкого материала (МММ) основная кривая намагничивания (ОКН) является одной из важнейших характеристик. Методика выполнения измерений при определении ОКН изделия из МММ предусматривает два основных этапа [4].

На первом этапе перед измерением ОКН необходимо выполнить размагничивание образца посредством перемагничивания его в знакопеременном поле, с амплитудой равномерно убывающей от максимального до минимального значения (рис.1). Время размагничивания должно составлять не менее 40 с.

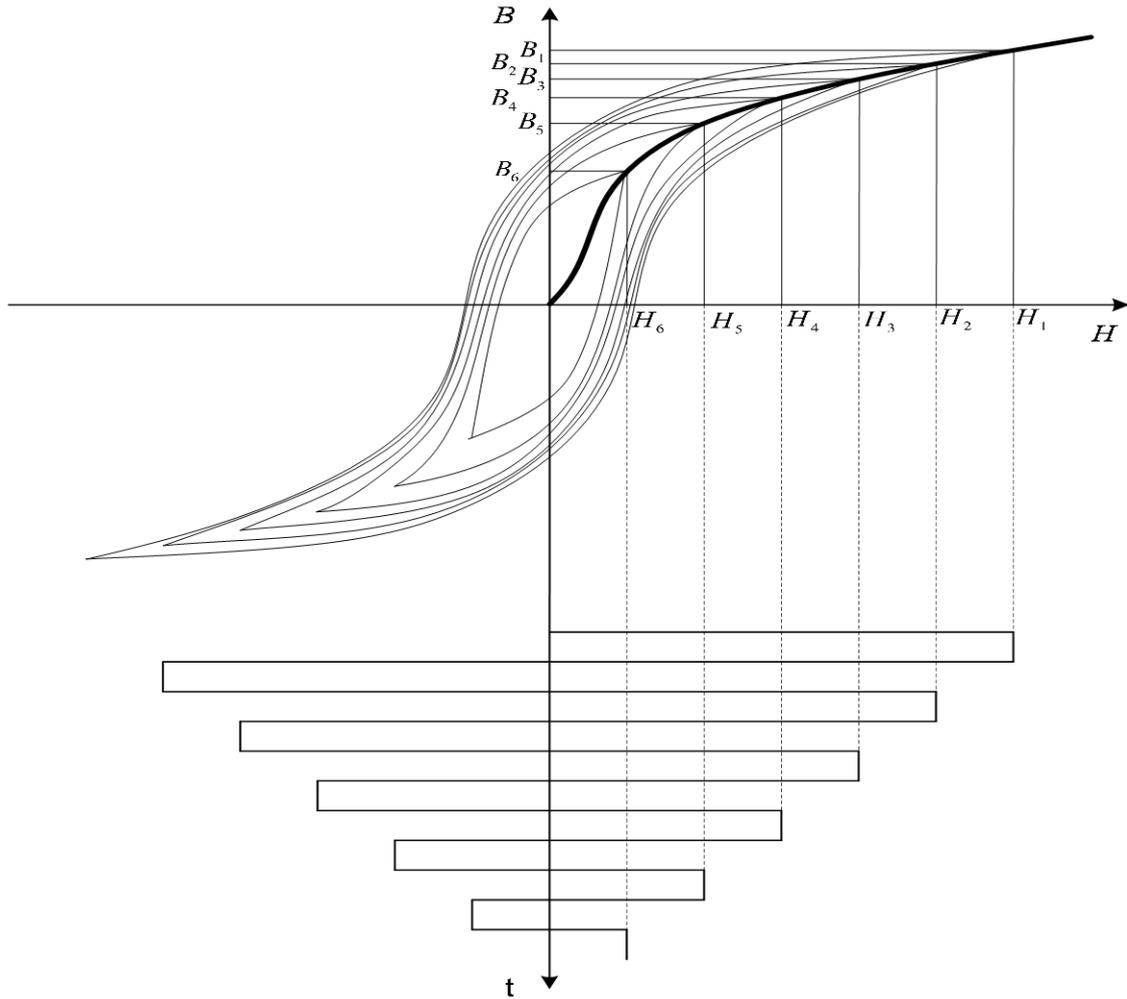


Рис. 1. Программа размагничивания

На втором этапе определение координат точек ОКН изделия из МММ начинают с наименьшего требуемого значения напряженности поля, постепенно переходя к большим значениям, при этом не допускается возврат от больших значений к меньшим [3].

Если в ходе первого этапа измерять амплитуду импульсов размагничивающего поля H_i и приращения индукции ΔB_i , то можно проанализировав эти данные, определить минимальное число точек ОКН в которых требуется выполнить измерение для линейной аппроксимации ее с требуемой точностью.

Для этого был разработан алгоритм [5], позволяющий решить эту задачу. Работа алгоритма базируется на методе определения погрешности [1].

В основе алгоритма лежит анализ модуля второй производной изменения магнитной индукции B по напряженности H . Построив график зависимости d^2B/dH^2 от H , вычисляем значение общей площади $S_{\text{общ}}$ по формуле

$$S_{\text{общ}} = \int_0^{H_{\text{max}}} \frac{d^2 B}{dH^2} dH.$$

Задавшись количеством точек n , определяем значение площади $S_{\text{изм.}}$, соответствующей одной измеряемой точке на ОКН

$$S_{\text{изм.}} = S_{\text{общ.}} / n.$$

Для нахождения координат точек, подлежащих измерению, воспользуемся формулой вычисления площади методом трапеции и уравнением прямой и составим систему уравнений:

$$\begin{cases} S_{\text{изм.}} = \frac{\left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_{\text{изм.}i} + \left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_i}{2} (H_{\text{изм}i} + H_i), \\ \left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_{\text{изм.}i} = kH_{\text{изм}i} + b, \end{cases} \quad (1)$$

где, $k = \frac{\left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_{i+1} - \left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_i}{H_{i+1} - H_i}$, $b = \left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_i - k \cdot H_i$ – коэффициенты, $i = 1..N$, N –

количество точек полученных в процесс проведения размагничивания.

Решая систему уравнений (1), получим:

$$H_{\text{изм.}i} = \frac{-\left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_i + k \cdot H_i + \sqrt{\left(\frac{d^2 B}{dH^2}\right)_i^2 + 2 \cdot S_{\text{изм.}} \cdot k}}{k}.$$

После определения первой и второй производных (рис. 2), и применения выше описанного алгоритма получили результаты, представленные на рис. 3.

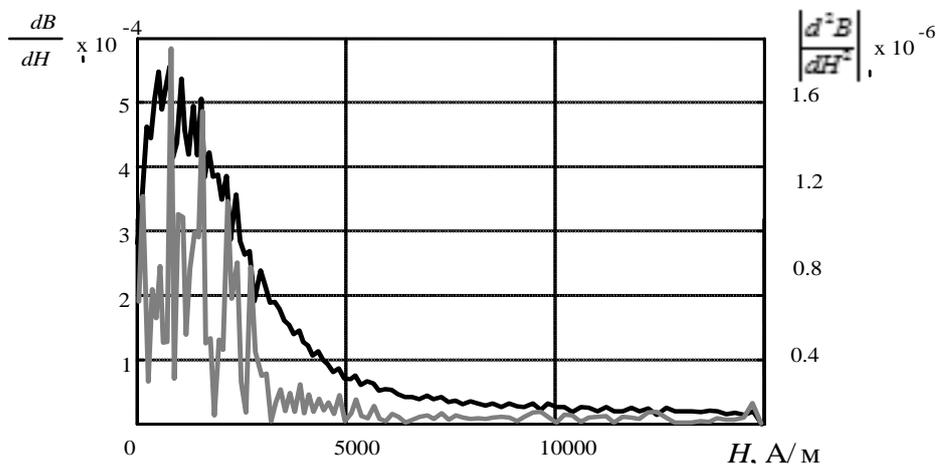


Рис. 2. Первая и вторая производные по H

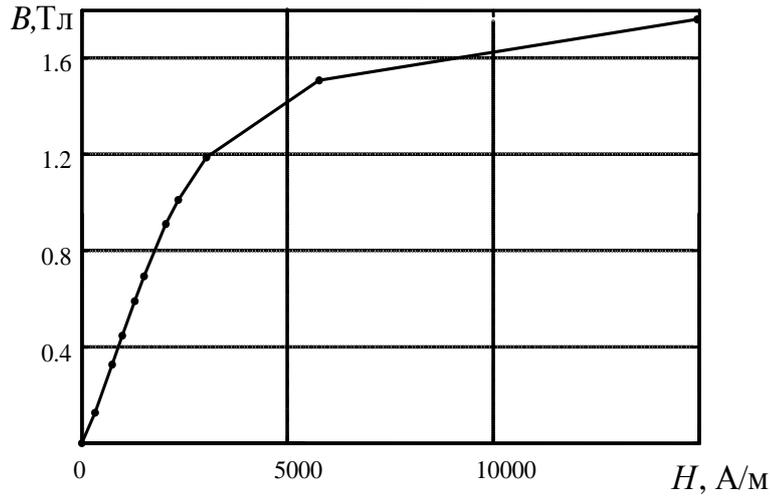


Рис.3. Результат применения алгоритма при $n=10$

Видно, что алгоритм работает некорректно. Данная «некорректность» вызвана сильным зашумлением результатов измерений ОКН.

Для исправления положения произведем фильтрацию. На рис. 4 представлены функции первой и второй производных измеренной ОКН после проведения фильтрации.

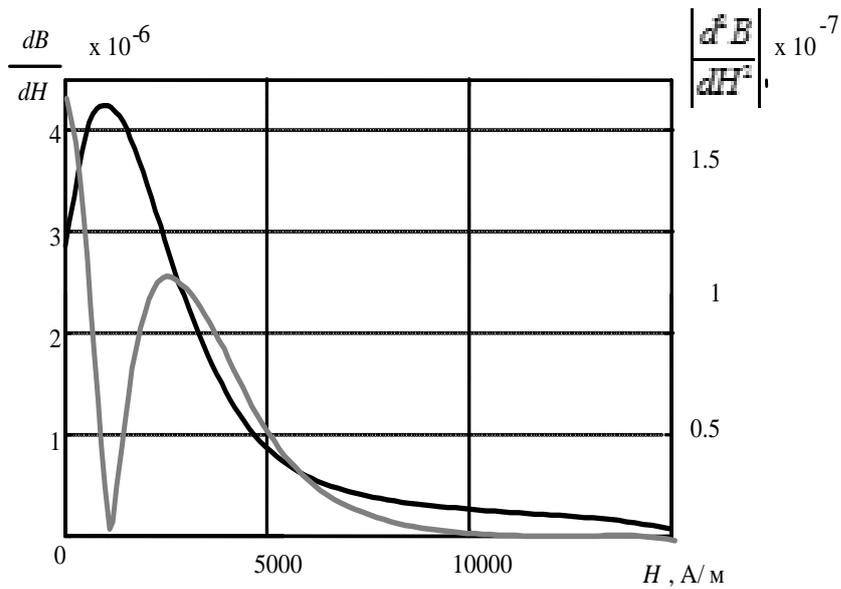


Рис. 4. Производные после фильтрации

На рис. 5 результаты, полученные после использования фильтрованных функций первой и второй производных в адаптивном алгоритме.

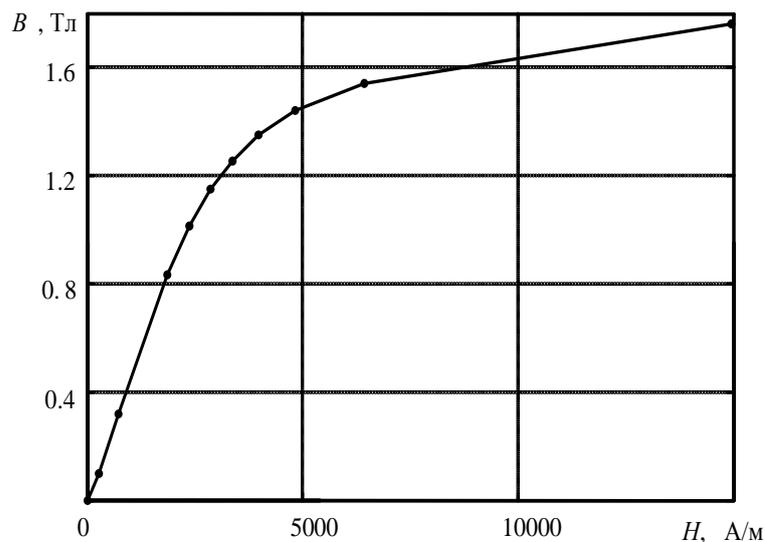


Рис. 5. Результат работы алгоритма при $n=10$

Из рисунка 5 видно, что алгоритм работает корректно, выделяя линейные и нелинейные участки ОКН и строя программу измерения таким образом, что на нелинейных участках проводится максимальное количество измерений.

Таким образом, предложенный алгоритм оптимизирует количество измеряемых точек ОКН, увеличивая производительность операций контроля при погрешности измерения, не превышающей значения регламентируемого в [2].

Статья подготовлена с использованием оборудования ЦКП "Диагностика и энергоэффективное электрооборудование" ЮРГПУ(НПИ).

Список литературы

1. Антонов В.Г., Петров Л.М., Щелкин А.П. Средства измерений магнитных параметров материалов. - Ленинград, "Энергоатомиздат", 1986 г. — 216 с
2. ГОСТ 8.377-80. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. – Взамен ГОСТ 15058-69; введ. 1980–03–28. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 21 с.
3. Испытание магнитных материалов и систем / Е.В. Комаров, А.Д. Покровский, В.Г. Сергеев, А.Я. Шихин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376с.
4. Ланкин, М.В. Приборы и методы контроля магнитных свойств постоянных магнитов: монография / М.В. Ланкин; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007. - 292 с.

5. Свид. об оф. рег. прогр. для ЭВМ 2007610158 Российская Федерация Адаптивные алгоритмы управления магнитным состоянием ферромагнитной детали при определении основной кривой намагничивания (АОКН) / Горбатенко Н. И., Наракидзе Н. Д.; Роспатент. – № 2006613614; заявл. 25.10.06; зарег. 9.01.07.

Рецензенты:

Нагай В.И., д.т.н., профессор кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы», ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г.Новочеркасск.

Горбатенко Н.И., д.т.н., профессор кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии», ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, г.Новочеркасск.