

УДК 537; 621.3

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Студенты гр. 11301122 Веселовский В. А., Мелюх Н. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ферромагнитные материалы широко используются в электротехнике [1–4]. Расчет характеристик различных создаваемых устройств производится путем решения систем уравнений, для решения которых необходима информация об основной кривой намагничивания применяемого ферромагнетика – зависимости магнитной индукции от напряженности магнитного поля в виде формул, графиков или таблиц. На графике она представляет собой геометрическое место вершин петель гистерезиса, полученных при различных значениях амплитуды напряженности внешнего магнитного поля при циклическом перемагничивании (вершин, так называемых частных циклов).

На основной кривой намагничивания различают три участка [1, 3]. Начальный участок, на котором относительная магнитная проницаемость изменяется незначительно, соответствует процессам обратимого смещения границ ферромагнитных доменов. На следующем участке магнитная индукция как функция напряженности внешнего магнитного поля возрастает наиболее быстро. Этот участок соответствует необратимым смещениям границ доменов, что сопровождается нагревом материала вследствие возникновения вихревых токов, а также возникновением упругих волн, проявляющихся в виде щелчков. На третьем участке магнитные моменты доменов поворачиваются и устанавливаются параллельно внешнему полю.

Наиболее предпочтительно моделирование указанной кривой с помощью аналитически заданных функций. Это позволяет с высокой точностью описать реальную кривую намагничивания на всех характерных участках, задать кривую намагничивания непрерывной функцией, что позволяет избежать изломов и разрывов экстремальных зависимостей, получаемых в результате дифференцирования.

Одним из методов моделирования указанной зависимости является моделирование ее в виде полинома, содержащего нечетные степени напряженности магнитного поля H :

$$B(H) = \sum A_i H^{2i-1}.$$

Точность аппроксимации улучшается с увеличением степени полинома. Обычно уже при $i = 4$ достигается хорошая степень достоверности аппроксимации. Для определения коэффициентов A_i решается система нелинейных уравнений, что является недостатком метода при внешней его привлекательности.

Более простое и доступное моделирование осуществляется с помощью применения арктангенсных функций. В данном случае используется формула

$$B(H) = A_1 \arctg(A_2 H) + A_3 H.$$

Коэффициенты A_1 , A_2 и A_3 также определяются из системы нелинейных уравнений, однако в данном случае она состоит из меньшего числа уравнений.

Кроме данных двух используются и другие методы аппроксимации, однако они оказываются более сложными для применения.

Литература

1. Вонсовский, С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. – М.: Наука, 1971. – 1032 с.
2. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Издат центр «Академия», 2007. – 756 с.
3. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1983. – 528 с.
4. Павлов, П. В. Физика твердого тела / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. – М.: Высшая школа, 2000. – 404 с.