

УДК 620.179.14

Магнитный контроль действующих промышленных объектов

Мирошников Вадим Владимирович
Гречишкина Наталья Владимировна
Дикий Родион Александрович^(*)

prorectormvv@mail.ru
natalisha.grech@mail.ru
rodiondq@yandex.ru

ЛГУ им. В. Даля, Луганск, Россия

Аннотация. Рассмотрен магнитный метод контроля элементов действующих промышленных механизмов, изготовленных из ферромагнитных материалов. Предложен численный расчет распределения информационного магнитного поля в окрестностях объекта сложной пространственной конфигурации на основе метода конечных объемов. Показано применение скалярного магнитного потенциала и поглощающих граничных условий UPML для уменьшения размеров расчетной области и повышения точности моделирования. Сделаны выводы о корректности методики и возможности ее применения при разработке магнитных первичных преобразователей для комплексной диагностики вращающихся узлов.

Ключевые слова: магнитный контроль, расчет магнитного поля, метод конечных объемов, диагностика механизмов, ферромагнетики

Введение. В процессе эксплуатации узлов и механизмов различных машин (редукторов, коробок передач и т. д.) происходит износ и выход из строя деталей этих механизмов (валов, шестерен и т. д.). Учитывая область применения механизмов, как приводных устройств транспортных систем, устройств управления (вентили, задвижки) безаварийность их работы является важным условием для обеспечения надежной работы всей системы.

Методы и материалы; результаты. Контролируемые ферромагнитные объекты относятся к телам сложной пространственной конфигурации, поэтому для расчета поля в заданной конкретной области контроля будем использовать метод конечных объемов [1]. Исследуемую область ферромагнитного объекта разбиваем на параллелепипеды так, чтобы узлы расчетной сетки находились на поверхности контролируемого объекта и определяем граничные условия для каждой расчетной области.

Для того чтобы приблизить граничную область к объекту контроля и существенно снизить порядок решаемой системы уравнений, используем так называемый метод поглощающих граничных условий, при котором на границе расчетной области вводятся дополнительные среды с заранее известными свойствами. В нашем случае вводятся слои материала, магнитные параметры которого описываются трехдиагональной векторной матрицей [2].

В угловых зонах расчетной области:

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu \frac{1}{k_x} & 0 & 0 \\ 0 & \mu k_x & 0 \\ 0 & 0 & \mu k_x \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mu k_y & 0 & 0 \\ 0 & \mu \frac{1}{k_y} & 0 \\ 0 & 0 & \mu k_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mu k_z & 0 & 0 \\ 0 & \mu k_z & 0 \\ 0 & 0 & \mu \frac{1}{k_z} \end{bmatrix}.$$

Нахождение значений коэффициентов k_x , k_y , k_z осуществляется с помощью метода «одноосно хорошо согласованных слоев» UPML (uniaxially perfectly matched layers). Согласно этому методу, чтобы избежать эффектов отражения изменение магнитных свойств объекта толщиной d по глубине x в соответствии с полиномиальным законом:

$$k_x(x) = 1 + (k_{\max} - 1) \cdot (x/d)^m, 3 \leq m \leq 4;$$

по глубине y : $k_y(x) = 1 + (k_{\max} - 1) \cdot (y/d)^m;$

по глубине z : $k_z(x) = 1 + (k_{\max} - 1) \cdot (x/d)^m.$

Граничные условия в расчетной области запишутся теперь в следующем виде

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = -k_{\max} H_{0x}; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -k_{\max} H_{0y}; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial z} = -k_{\max} H_{0z}.$$

Для решения уравнения разностного уравнения был использован итерационный метод переменных направлений, учитывающий граничные условия [3].

Заключение. Предложенный подход расчета распределения поля вокруг ферромагнитного объекта дает хорошее совпадение при расчете поля шара, находящегося в однородном поле, что подтверждается правильность выбранной методики расчета.

Список источников

- [1] Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники, электромагнитное поле. Москва, Гардарики, 2003, 317 с.
- [2] Мешков И.Н., Чириков Б.В. Электромагнитное поле. Ч. 1. Электричество и магнетизм. Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2014, 544 с.
- [3] Арутюнян Т.Р., Некрасов С.А. Расчет стационарного магнитного поля с учётом погрешности характеристики намагничивания. Изв. вузов. Электромеханика, 2019, т. 62, № 3, с. 11–17. <https://doi.org/10.17213/0136-3360-2019-3-11-17>
- [4] Резинкина М.М. Численный расчет магнитного поля и магнитного момента ферромагнитных тел сложной пространственной конфигурации. Журнал технической физики, 2009, т. 79, № 8, с. 8–17.