

УДК 53: 681.3.06 (075.8)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ПРОВОДНИКОВ С ТОКОМ

Сидорик В.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В связи с нарастающей сложностью задач, стоящими перед будущими специалистами в любой профессиональной сфере современного общества актуальным является акцент в учреждениях образования на включение во все формы обучения рассмотрение и решение реальных проблем, имеющих отношение к реальным запросам общества.

Рассмотрение таких практически полезных проблем обуславливает внедрение информационных технологий для всех форм обучения: лекции, лабораторные работы, практические занятия, курсовое и дипломное проектирование, самостоятельную подготовку. Это связано с несколькими причинами. Во-первых, реальные задачи являются сложными. Во-вторых, реальные задачи требуют сложного математического аппарата для их решения, как правило не изученного еще на младших курсах. В-третьих, ограничены ресурсы времени двухчасовой парой учебных часов. Не следует также забывать о формировании интереса студентов к учебной дисциплине.

В данной работе иллюстрируется решение сложной задачи расчета и моделирования магнитных полей источников тока различных конфигураций. Такие задачи возникают в случаях:

- конструирование ускорителей, МГД-генераторов, электромагнитных пушек, масс-спектрометров, плазменных и ионных двигателей, магнитных насосов и вентилях, фокусировка пучка зарядов (магнитные линзы);
- расчет индуктивности соленоидов, взаимной индуктивности связанных катушек, обмоток трансформаторов;
- проектирование реле, головок печатающих устройств;
- расчет магнитных экранов для защиты приборов от влияния сторонних магнитных полей;
- расчет генераторов и электродвигателей;
- магнитная запись и считывание информации;
- магнитная дефектоскопия при контроле наличия в изделиях скрытых трещин, раковин и других дефектов;
- защита кораблей и подводных лодок от магнитных мин, реагирующих на локальное изменение магнитного поля.

Расчет магнитного поля невозможно провести аналитически, если конфигурация токов-источников не обладает высокой симметрией.

В работе рассматривается математическое моделирование магнитного поля, создаваемого различными конфигурациями токов. Для расчета математической модели за основу взят закон Био-Савара-Лапласа.

Согласно этому закону, индукция магнитного поля, создаваемая элементарным током величиной I в бесконечно малом элементе проводника $d\vec{l}$ в произвольной точке P пространства,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

Величина вектора $d\vec{B}$ равна

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \theta}{r^2}$$

Угол θ определен между направлением $d\vec{l}$ и \vec{r} (рис. 1).

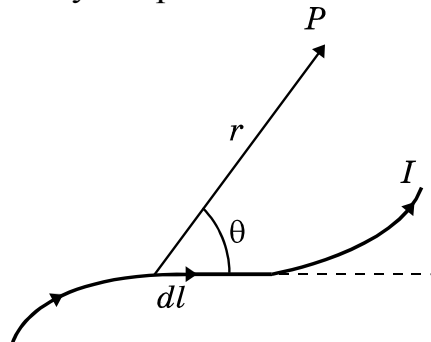


Рис. 1.

Индукция магнитного поля, создаваемая всем проводником, определяется интегрированием по всей длине проводника

$$\vec{B} = \int_L d\vec{B}$$

Такой подход в случае кольцевой геометрии проводника с током дает следующие выражения для расчета компонент магнитного поля, например,

$$dB_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl_y(z - z_j) - dl_z(y - y_j)}{|\vec{r} - \vec{r}_j|^3}$$

Величина результирующего поля определяется суммированием вклада каждой из компонент

$$B_x = \sum_{j=1}^n dB_{jx}, \quad B_y = \sum_{j=1}^n dB_{jy}, \quad B_z = \sum_{j=1}^n dB_{jz}, \quad B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Математическое моделирование позволяет в рамках учебной дисциплины решить целый комплекс прикладных задач расчета магнитных полей, создаваемых различными геометрическими конфигурациями электрического тока.

1. Сидорик В.В., Джилавдари И.З. Физика в компьютерных моделях: Учебно-методическое пособие. – Минск : ПИОН, 1998, с. 250