

УДК 620.179.14.05

СИНТЕЗ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

Яковенко В.В., д.т.н., проф., Водолазский В.Н., аспирант
Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля
 г. Луганск, кв. Молодежный, 1а
 E-mail: designer491@mail.ru

Розглянуто методику синтезу однорідного магнітного поля електротехнічного пристрою, у якого є кілька секцій котушок. Наведено спосіб оптимізації розмірів котушок з метою зменшення значень струмів для даних котушок.

Ключові слова: магнітне поле, оптимізація, котушка.

The technique of synthesis of a homogeneous magnetic field of the electrotechnical device which has some coils is considered. The way of optimization of the sizes of coils is resulted with the purpose of reduction of values of currents for the given coils.

Key words: magnetic field, optimization, coil.

Введение. Синтез магнитного поля в определенной области позволяет оптимизировать параметры электротехнического устройства самым эффективным способом [1]. Известен метод синтеза поля катушки прямоугольного сечения [2] разбитый на отдельные секции с различными токами в секциях. Размеры всех секций полагаются одинаковыми, а задача синтеза формируется как получение заданных значений индукции магнитного поля в отдельных точках некоторой области. Область, обычно, располагается у торца катушки и имеет форму параллелепипеда. Однако при такой постановке задачи параметры катушки не будут оптимальными по критерию минимального значения тока в их секциях, который обеспечивает заданное значение индукции. Полагается, что минимальное значение тока в их секциях, который обеспечивает заданное значение индукции. Иными словами синтез поля производился при различных параметрах секции катушек, которые являются управляемыми в процессе оптимизации.

Цель работы. Разработка методики синтеза однородного магнитного поля электротехнического устройства, у которого имеется несколько секций катушек.

Материал и результаты исследования.

Постановка задачи. Пусть в объеме контролируемой зоны V, имеющем форму параллелепипеда, требуется создать однородное поле, направленное вдоль оси y. Создаваться это поле будет с помощью катушки, представляющей собой совокупность N тонких катушек, витки которых имеют прямоугольную форму и лежат в плоскостях, параллельных плоскости хоз. Искомыми будут размеры тонких катушек и значения токов в них.

Алгоритм решения задачи синтеза. Синтез магнитного поля электротехнического устройства происходит путем подбора оптимальных размеров катушки (рис. 1), которые обеспечивают минимальные

значения токов в данных катушках при заданных значениях напряженности в контролируемой зоне и позволяют получить область с однородным полем (рис. 2).

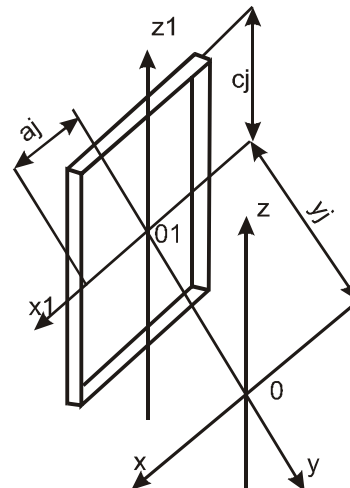


Рисунок 1 – Размеры возбуждающей катушки

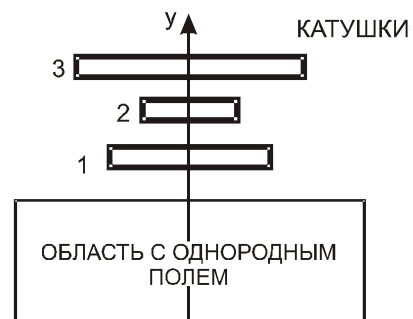


Рисунок 2 – Расположение блока катушек относительно транспортной ленты

Вначале найдем токи бесконечно тонких прямоугольных витков, размеры которых равны $2a_j$ и $2c_j$ ($j=1, 2, 3$), а y – координаты этих витков соответствуют серединам (вдоль y) проектируемым тонких катушек.

Определим зависимость y -составляющей напряженности магнитного поля k -ой точки в пространстве от величины тока в одной j -ой секции, которая имеет вид:

$$H_j(y) = \frac{1}{\pi} \frac{a_j c_j}{\sqrt{a_j^2 + (y_k - y_j)^2 + c_j^2}} \times \left[\frac{1}{(y_k - y_j)^2 + a_j^2} + \frac{1}{(y_k - y_j)^2 + c_j^2} \right]$$

Токи в секциях катушки находятся из условия:

$$\left\| \bar{H}(y) - \sum_{j=1}^N i_j \bar{H}_j(y) \right\| = \min ,$$

где N - количество секций катушки.

Здесь норма понимается в смысле нормы в линейном Гильбертовом пространстве векторных полей заданных в интервале $y \in [-1; 1]$. Итак, мы приходим к задаче о разложении по неортогональной системе. Эта задача в данном случае сводится к системе линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^N (H_j; H_k) i_j = (H, H_k), \quad k = 1, N.$$

Решением системы уравнений будет совокупность токов в секциях катушек.

В данном случае, расчет проводился для секции катушек, у которых параметр $a_j=c_j$, (катушки были квадратными), а c_j подбирался таким образом, чтобы токи i_1 , i_2 и i_3 были минимальными. Было принято, что катушка состоит из одного витка.

Синтез проводился для значения напряженности равной $H=200A/m$, значения напряженности определялись в координатах $y_1=0$ м, $y_2=0,05$ м, $y_3=0,15$ м. Результаты синтеза приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения токов в катушках после оптимизации размеров

№ катушки	c_j , м	координаты катушки, м	значение тока, А
1	0,20	0,3	$-1.3 \cdot 10^3$
2	0,10	0,32	$6.86 \cdot 10^2$
3	0,30	0,34	$1.38 \cdot 10^3$

Для сравнения, приведем в таблице 2 значения токов до оптимизации размеров катушек.

Таблица 2 – Значения токов до оптимизации размеров катушек

№ катушки	c_j , м	координаты катушки, м	значение тока, А
1	0,30	0,3	$7.415 \cdot 10^4$
2	0,30	0,32	$-1.76 \cdot 10^5$
3	0,30	0,34	$1.04 \cdot 10^5$

Выводы. Для получения однородного поля в контролируемой зоне предлагается применять блоки возбуждающих катушек синтез размеров которых проводить по описанному выше методу для получения заданных значений напряженности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Шведчикова И.А., Водолазский В.Н. Повышение чувствительности и помехоустойчивости вихревого металлодетектора // Вестник НТУ «ХПИ». - 2004 - №22. - С. 107-112.
2. Стадник И.П. Улучшение сходимости итерационного процесса разложения по неортогональной системе в применении к синтезу катушки прямоугольного сечения по заданному полю в объеме // Изд. вузов СССР. Электромеханика, №7, 1984. С. 5-11.
- 3 Шведчикова И.А., Водолазский В.Н. Принципы построения металлодетекторов (обзор) // Вісник СНУ імені Володимира Даля.-2006.- №9 (103). С. 242-247.

Стаття надійшла 25.04.2007 р.