

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНФОРМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДВУХПОЛЮСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

Бранспиз Ю.А., д.т.н., доц.

Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля

Украина, 91034, Луганск, кв. Молодежный, 20-А, ВНУ им. В. Даля, кафедра прикладной физики

e-mail: branspiz@mail.ru

Поляченко Е.Ю.

Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля

Украина, 91034, Луганск, кв. Молодежный, 20-А, ВНУ им. В. Даля, кафедра "Компьютерные системы и сети"

e-mail: polyachenko@snu.edu.ua, polyachenko@rambler.ru

*У роботі наведені результати визначення оптимальних геометричних розмірів для П-подібних електромагнітних систем по максимуму добутку напруженості над центральним полюсом на її градієнту і по максимуму цього градієнту.*

*В работе приведены результаты определения оптимальных геометрических размеров для П-образных электромагнитных систем по максимуму произведения напряженности над центральным полюсом на ее градиент и по максимуму этого градиента.*

В электротехнической практике широкое распространение получили устройства с П-образными электромагнитами [1, 2]. Особенностью их является разомкнутая магнитная система и относительно большие рабочие зоны, в которых создается магнитное поле. Повышение эффективности применения этих электромагнитов, функциональное назначение которых состоит в создании определенной интенсивности магнитного поля в определенных рабочих зонах, осуществляется за счет выбора рациональных геометрических параметров полюсов этих электромагнитов. При этом критериями, по которым осуществляется выбор рациональных геометрических параметров полюсов электромагнитов, могут служить:

- напряженность магнитного поля (например, в системах, которые создают силовое воздействие на проводники с током);
- ее градиент (например, в системах, которые создают силовое воздействие на намагниченные до насыщения тела);
- произведение напряженности магнитного поля на ее градиент (например, в системах, которые создают силовое воздействие на парамагнитные тела).

Ранее, в работе [3], авторами приведены результаты по выбору рациональных размеров полюсов электромагнитов с П-образной системой, когда критерием было обеспечение максимума напряженности магнитного поля посередине междуполюсного зазора. При этом был использован метод конформных отображений, который позволил получить относительно простые аналитические зависимости, связывающие между собой основные геометрические параметры системы и параметры, характеризующие магнитное поле.

В данной работе, в развитие указанных результатов, приведены результаты решения задачи о выборе рациональных геометрических параметров полюсов П-образных электромагнитов, когда критериями такого выбора являются градиент напряженности магнит-

ного поля или произведение напряженности на ее градиент.

При этом для П-образного электромагнита расчетная схема его плоскопараллельного магнитного поля оставлена такой же, как и в работе [3] (рис. 1).

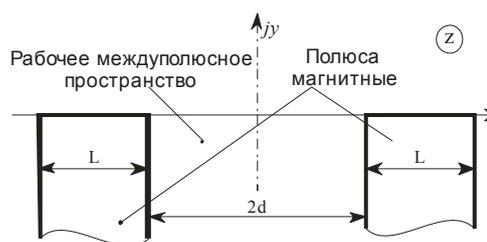


Рис. 1. Плоскопараллельная модель двухполюсной магнитной системы П-образного электромагнита

Соответственно этому для рассматриваемой системы имеем известную функцию конформного отображения внешней области вне полюсов (область  $Z$  на рис. 1, которая является исходной областью) на полюсу однородного поля с постоянной напряженностью  $H_0$  [3]. Это позволяет по известному соотношению [4]

$$H_z \cdot \text{grad} H_z = \frac{1}{2} H_0^2 \cdot \frac{dt}{dz} \cdot \frac{d^2 t}{dz^2} \quad (1)$$

определить произведение напряженности поля на его градиент ( $H \cdot \text{grad} H$ ) в рассматриваемом случае (здесь  $z$  и  $t$  – соответственно, комплексные координаты в исходной и отображенных областях, а  $H_z$  – напряженность поля в исходной области).

Что же касается определения градиента напряженности магнитного поля  $\text{grad} H$  при конформном отображении исходной области на полюсу однородного поля с постоянной напряженностью, то учтем, что напряженность поля в области  $Z$  при указанном конформном отображении может быть определена как [5]

$$H_z = H_0 \cdot \frac{dt}{dz}, \quad (2)$$

что, в результате деления (1) на (2), дает

$$\text{grad}H_z = \frac{1}{2} H_0 \cdot \frac{d^2t}{dz^2} \quad (3)$$

Таким образом, используя (1) и (3) и соответствующую функцию конформного отображения из [3], для П-образного электромагнита можно записать следующее выражение для  $\text{grad}H$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{U_0}{d^3} \cdot \frac{z}{K(k)} \cdot \frac{\sqrt{1+k^2 \cdot \left(\frac{z}{d}\right)^2} + k^2 \sqrt{1+\left(\frac{z}{d}\right)^2}}{\left[1+\left(\frac{z}{d}\right)^2\right] \cdot \left[1+k^2 \cdot \left(\frac{z}{d}\right)^2\right]}, \quad (4)$$

а для  $H \cdot \text{grad}H$  записать выражение

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{U_0^2}{d^4} \cdot \frac{z}{(K(k))^2} \cdot \frac{\sqrt{1+k^2 \cdot \left(\frac{z}{d}\right)^2} + k^2 \sqrt{1+\left(\frac{z}{d}\right)^2}}{\left[1+\left(\frac{z}{d}\right)^2\right] \cdot \left[1+k^2 \cdot \left(\frac{z}{d}\right)^2\right]}, \quad (5)$$

где  $U_0$  – разность магнитных потенциалов между полюсами;  $K(k)$  – эллиптический интеграл первого рода модуля  $k = d/(L+d)$ .

Непосредственный расчет по (4) и (5) показал, что критерии  $\text{grad}H$  и  $H \cdot \text{grad}H$ , рассматриваемые как функции  $d$ , имеют максимум для заданных значений размеров  $h$  и  $L$ . Это позволяет осуществить решение задач определения такого значения  $d$  при фиксированных значениях  $h$  и  $L$ , которое удовлетворяет условию максимизации критериев  $\text{grad}H$  и  $H \cdot \text{grad}H$ . Решение этих задач осуществлялось численно (как поиск максимума  $\text{grad}H$  или  $H \cdot \text{grad}H$  методом простого перебора аргумента  $d$ ). При этом расчетное значение  $d$ , для которого имеет место максимум  $\text{grad}H$  или  $H \cdot \text{grad}H$  принималось в качестве результата решения  $d_{opt}$ .

Аналогично тому, как это сделано в [3], результат решения указанных оптимизационных задач представлен в виде функциональных зависимостей  $d_{opt}/L = f(L/h)$ , которые показаны на рис. 2 и 3.

В качестве перспективы развития предложенного подхода к рассмотрению магнитных систем укажем на принципиальную возможность применения его к поиску рациональных размеров и трехполюсных магнитных систем по критерию максимума градиента напряженности магнитного поля или произведения напряженности магнитного поля на его градиент, для чего можно воспользоваться результатами работы [6]. Это может рассматриваться как задача дальнейших исследований.

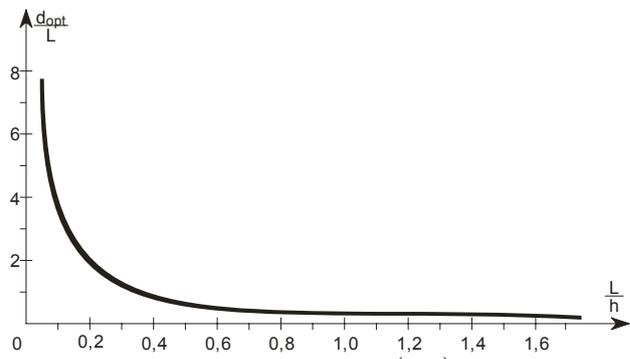


Рис. 2. Зависимость  $d_{opt}/L = f(L/h)$  для  $\text{grad}H$

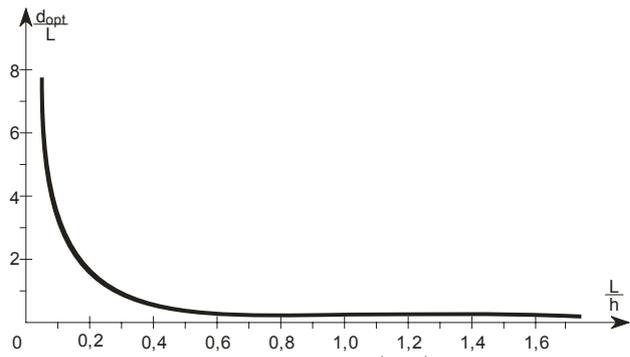


Рис. 3. Зависимость  $d_{opt}/L = f(L/h)$  для  $H \cdot \text{grad}H$

## ВЫВОД

Полученные результаты позволяют решать практические задачи выбора рационального соотношения геометрии полюсов двухполюсных магнитных систем по критерию максимума градиента напряженности магнитного поля и произведения напряженности магнитного поля на его градиент.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов/ Под ред. Ю.К Розанова.– М.: Информэлектро, 2001.– 420 с.
- [2] Электротехнический справочник: В 3 т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства / Под. общ. ред. проф. МЭИ (гл. ред. И.Н. Орлов). – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 712 с.
- [3] Бранспиз Ю.А., Поляченко Е.Ю., Дранников А.А. Оптимизация зазора в дух полюсной магнитной системе по максимуму напряженности поля // Вестник НТУ "ХПИ": Тем. вып. "Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов". – 2004. №21. С. 101-110.
- [4] Загирняк М.В., Бранспиз Ю.А. Шкивные магнитные сепараторы: монография. – К.: Техника. 2000. – 303 с.
- [5] Бинс К., Лоуренсон П. Анализ и расчет электрических и магнитных полей. – М.: Энергия, 1970.– 376 с.
- [6] Бранспиз Ю.А., Поляченко Е.Ю., Дранников А.А. Определение рациональных размеров трехполюсной магнитной системы по критерию максимума напряженности поля // Вестник НТУ "ХПИ": Тем. вып. "Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов". – 2005. №35. - С. 23-28.

Поступила 01.10.2006