

УДК 620.179.14
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ПЕРЕМЕННОГО
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ЭТАЛОНА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

А. А. ЛУХВИЧ, А. П. ГУСЕВ, В. Д. ПИУНОВ
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Как сообщалось в [1] по заданию Государственной научно-технической программы «ЭТАЛОНЫ И НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ» на 2011-2015 годы в Институте прикладной физики НАН Беларуси разработан на основе катушек Гельмгольца источник магнитной индукции переменного магнитного поля на диапазоны: по индукции – от $1 \cdot 10^{-7}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ Тл, по частоте – от 20 Гц до 1 кГц.

Исходными условиями разработки, кроме указанных диапазонов, являются объем рабочей зоны (сфера радиусом 10 мм) с неоднородностью поля не более 0,3 % и возможность использования ЯМР-измерителя магнитной индукции Ш1-9 для поверки источника. Из последнего условия следуют два дополнительных: неоднородность поля по меньшей мере в сфере диаметром 10 мм не должна превышать 0,02 % и расстояние между обмотками катушек Гельмгольца должно быть не менее поперечного размера датчика прибора Ш1-9.

Особенностью расчета катушек для переменного поля является то, что, кроме учета тепловых потерь, необходима минимизация электромагнитных потерь, которые быстро растут с увеличением силы I и частоты тока возбуждения. Отсюда следует нецелесообразность увеличения размеров рабочей зоны и повышения однородности поля относительно начальных условий. Это значит, что определение размеров катушек должно основываться на точном выполнении начальных условий, а характеристики изготовленных катушек нуждаются в уточнении параметров.

В работе приведены основные характеристики разработанного источника магнитной индукции переменного поля, полученные при экспериментальных исследованиях его параметров. При этом исследовалось распределение индукции магнитного поля в рабочей зоне источника поля, определена постоянная катушек Гельмгольца и ее температурная зависимость, установлены нагрузочные и временные режимы работы.

Степень однородности магнитного поля в рабочей зоне разработанного источника можно охарактеризовать распределением соосной составляющей индукции B_x вдоль оси катушек ОХ и в нормальной к этой оси плоскости (YOZ) симметрии катушек. Распределение соосной составляющей индукции B_x вдоль оси катушек, полученное с помощью экспериментальной установки высокого разрешения, иллюстрируется графиком на рис. 1. Распределение индукции в плоскости YOZ характеризуется зависимостью

составляющей B_x индукции от расстояния точки наблюдения до оси ОХ, то есть – от радиуса r . Аналитический вид данной зависимости с высокой точностью описывается полиномом четвертой степени:

$$B_x/I = -2527r^4 + 5,4172r^3 - 0,0643r^2 + 3 \cdot 10^{-6}r + 0,014233 \text{ (мТл/А)}. \quad (1)$$

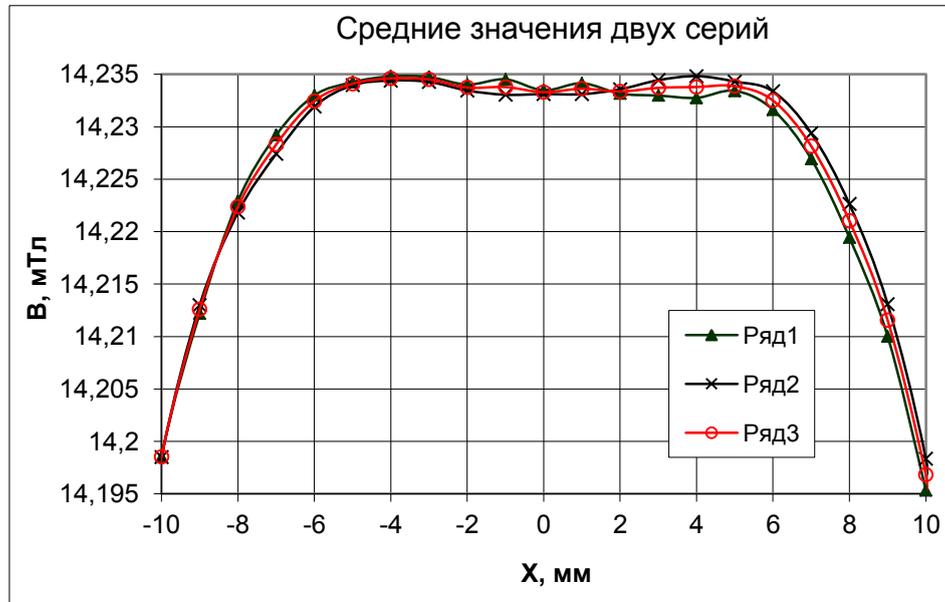


Рис. 1. Распределение вдоль оси ОХ составляющей B_x индукции магнитного поля катушек Гельмгольца

Высокая однородность поля позволила использовать для определения постоянной катушек измеритель Ш1-9. Полученное значение постоянной при 20°C имеет величину: $K_{B\ 20} = 14,223$ (мТл/А), а температурная зависимость характеризуется выражением:

$$K_B = -0,00024 \cdot T_{cp} + 14,2278 \text{ (мТл/А)}, \quad (2)$$

где T_{cp} – средняя температура обмоток, $^\circ\text{C}$.

Приведенные результаты показывают, что экспериментальные и расчетные данные по характеристикам источника полностью совпадают, обеспечиваются заданные диапазоны по частоте поля и величине индукции, по ее однородности в рабочей зоне и по термостабильности параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лухвич, А. А. Источник магнитной индукции для эталона переменного магнитного поля / А. А. Лухвич, А. П. Гусев, В. Д. Пиунов // Метрология–2014: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2014. – С. 178–179.

Email: gusevap@iaph.bas-net.by
piunov@iaph.bas-net.by