

УДК 621.317.4

СОЛЕНОЇД ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ МАГНІТОМЕТРІВ

Штонда М.Ю.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Огар В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.КРiСТЗi.

м. Харків, Україна

тел. +38(095) 104-34-50, e-mail: valeriy.ogar@nure.ua.

The development and research of a solenoid for calibration of magnetometers is described.

Для калібрування вимірювачів індукцій постійних магнітних полів в діапазоні 50 мТл-1,5 Тл використовується Державний еталон України, заснований на вимірюванні частоти прецесії ядер атомів водню в молекулі води, що знаходиться в однорідному магнітному полі [1].

На сьогодні постала задача калібрування магнітометрів, які мають діапазон вимірювання від одиниць мкТл до 25 мТл. В рамках підготовки до виконання запланованої науково-дослідної роботи з розширення діапазону відтворюваних індукцій еталоном ініціативно був розроблений макет соленоїда і установки для відтворення магнітних полів з індукцією до 10 мТл.

Еталонні соленоїди виконуються на кварцевих циліндричних каркасах з гвинтоподібною нарізкою і намотуються проводом в гарячому стані. Макет соленоїда виконаний на картонному каркасі (рисунок 1). Попередньо число витків було розраховано з використанням програми Coil32, а значення індукцій і струмів оцінені за допомогою програми Coil V2.1. Із розрахунку витікає, що при числі витків $N=1000$ і струмі $I=1,4$ А можливо отримати аксіальну індукцію поля до $B_x=10$ мТл. Коефіцієнт перетворення струму в індукцію в центрі становить $K=8,1$ мТл/А.

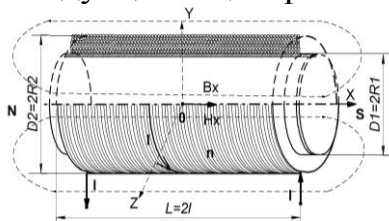


Рисунок 1 – Креслення і фото виготовленого багат шарового соленоїда

Виготовлена котушка була намотана виток до витка в 6 шарів по 166 витків і має $N=996$ витків проводу ПЕЛ-0,74. З боків котушка прикрита пінопластовими кришками з отворами для фіксації аксіального датчика Хола вимірювача магнітної індукції. При виготовленні котушки форма циліндра каркаса була не витримана, тому для розрахунку магнітної індукції розміри соленоїда оцінювали багаторазовими вимірюваннями за допомогою відкаліброваного штангенциркуля типу ШЦ-II-250-0,05 з невизначеністю вимірювань 0,05 мм. Аксіальна складова (вздовж вісі Ox)

індукції магнітного поля B_x в центрі на вісі багат шарового соленоїда зі струмом I та числом витків N виражається формулою [2]

$$B_x(0) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2(R_2 - R_1)} \cdot \ln \frac{R_2 + \sqrt{R_2^2 + l^2}}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + l^2}}$$

Радіальні складові (вздовж ОУта ОZ) індукції дорівнюють 0. Результат розрахунку індукції при струмі $I=1A$ складає $B_x = 8,054$ мТл.

За допомогою програми Elcut було проведено моделювання та оцінена рівномірність розподілу поля в соленоїді на рівні 0,8%/см.

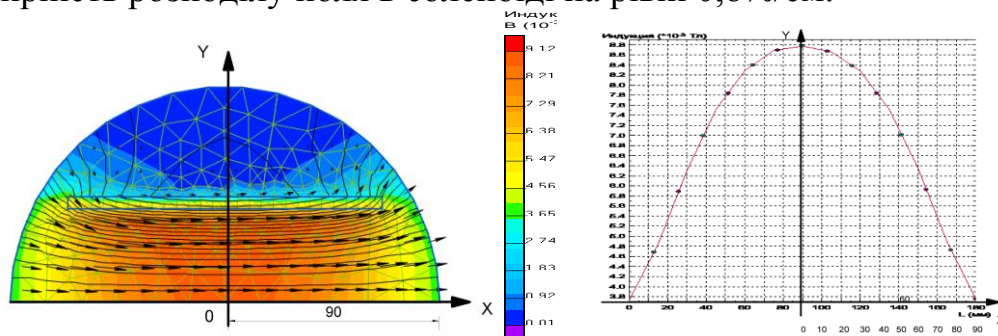


Рисунок 2 – Розподіл індукції магнітного поля в соленоїді

Для експерименту була зібрана установка для вимірювань магнітної індукції в соленоїді, структурна схема якої показана на рисунку 3. Схема складається з джерела живлення постійного струму типу Б5-43, вимірювача струму – мультиметра типу Keysight 34461A, тесламетра типу 4325/1, датчик Хола (ДХ), який вставлений в центр соленоїда.

Результати вимірювань індукції при різних струмах I графічно показані на рисунку разом з лінійним трендом функції $B(\text{мТл})=0,8046 \cdot I(\text{А})$, який має коефіцієнт детермінації $R^2=0,999$, що показує близькість теоретичної функції апроксимації до експериментальних значень.

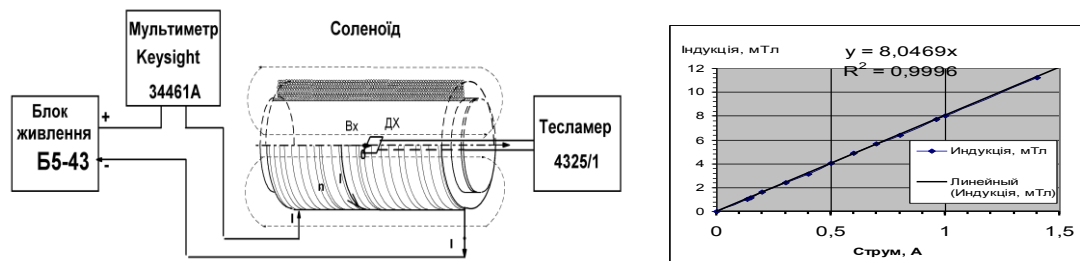


Рисунок 3– Схема і результати вимірювань індукції при різних струмах

Список використаних джерел:

1. Захаров И.П., Павленко Ю.Ф.Эталоны в области электрорадиоизмерений. Справочное пособие.– Горячая линия–Телеком, 2008.–192 с.
2. Студенцов Н.В. Меры основных магнитных величин и методика определения их значений. НТО Приборпром, Москва,1965.–64 с.