ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № ____

_____
_____
_____
_____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

_____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске:_____

Отметка о защите:_____

Брянск 20 ___

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 35
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: экспериментально ознакомиться:

1) с явлением электромагнитной индукции;
2) принципом суперпозиции полей;
3) методом измерения индукции магнитного поля.

Задачи работы:

1) изучить конфигурацию магнитного поля между полюсами электромагнита баллистическим методом, при различных направлениях тока в катушках электромагнита;
2) научиться определять баллистическую постоянную установки.

Теоретическое введение

Если площадь, ограниченную контуром, пронизывает изменяющийся магнитный поток (Ф), то в контуре возникает электродвижущая сила (ε_i) , называемая ЭДС индукции [1]. По закону Фарадея:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad ; \qquad (1)$$

По определению магнитный поток [1]:

$$\Phi = BS\cos\alpha \; ; \qquad (2)$$

где: $\alpha = (\vec{B} \hat{} \vec{n})$ - угол между вектором индукции магнитного поля $(\vec{B})$ и нормалью $(\vec{n})$ к плоскости контура (S).

Результирующая индукция магнитного поля определяется на основании принципа суперпозиции полей [1].

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_k \quad ;$$

где: B_k – индукции полей, создаваемых отдельными элементами токов (например, катушка электромагнита).

Электродвижущая сила индукции (ε_i) создает в цепи катушки электрический ток. Количество электричества, переносимое этим током по определению:

$$q = \int_0^t I_i dt = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{R_1} \qquad (3)$$

где: Φ_1 - результирующий магнитный поток в начальный момент времени;

Φ_2 - результирующий магнитный поток в конечный момент времени;

R_1 - сопротивление цепи, содержащей катушку.

Таким образом, измеряя величину заряда (q) и используя соотношение (2), можно определить результирующую индукцию (B) магнитного поля в месте расположения катушки.

ЗАДАНИЕ 1. Определение баллистической постоянной установки

Баллистическая постоянная (K_δ) позволяет определять величину электрического заряда с помощью баллистического гальванометра при прохождении в цепи кратковременного импульса тока. Из теории баллистического гальванометра известно, что первое смещение светового указателя по шкале прибора пропорционально количеству электричества, протекающего через гальванометр.

$$q_1 = K_\delta \, N_1 \quad ; \qquad (4)$$

где: N_1 - первое смещение светового указателя по шкале прибора. В этой части работы электрический заряд (q_1) возникает в измерительной катушке (L_1) при изменении магнитного поля соленоида (L).Индукция магнитного поля в средней части соленоида (L) согласно (1) выражается соотношением:

$$B_1 = \mu_0 \, n_1' \, I \; ; \qquad (5)$$

где: n_1' - число витков соленоида на единицу его длины;

I - сила тока в соленоиде;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \ \frac{Гн}{м}$ - магнитная постоянная для воздуха.

При этом измерительную катушку (L_1) пронизывает магнитный поток согласно формуле (2):

$$\Phi_1 = B_1 \, S_1 \, n_1 = n_1 \, \mu_0 \, n_1' \, I \, S_1 \; ; \qquad (6)$$

где учтено, что $\alpha = 0$ (используется правило буравчика).

При выключении тока в соленоиде (L) магнитный поток уменьшается от Φ_1 до $\Phi_2 = 0$ и в катушке (L_1) индуцируется ЭДС - индукции**,** внутри баллистического гальванометра возникает кратковременный ток. Рамка гальванометра вместе с укрепленным на ней зеркальцем поворачивается, иллюстрируется смещение (N_1) светового указателя по шкале.

По закону Фарадея (3) величина электрического заряда:

$$q_1 = \frac{\Phi_1}{R_1} = \frac{n_1 \cdot n_1' \cdot \mu_0 \cdot I_1 \cdot S_1}{R_1} \qquad (7)$$

Сравнивая формулы (4) и (7) находим баллистическую постоянную:

$$K_\delta = \frac{q_1}{N_1} = \frac{n_1 \cdot n_1' \cdot \mu_0 \cdot I_1 \cdot S_1}{R_1 \cdot N_1} \; ; \qquad (8)$$

Таким образом, в первом задании производится градуировка шкалы баллистического гальванометра по величине электрического заряда.

Техника безопасности

Подключение напряжения =80В к электроустановке производить в последнюю очередь и при отключенном щите электропитания.

После включения питания установки запрещается прикасаться к токоведущим частям.

Описание схемы установки

Схема установки представлена на рис. 1.
Здесь использованы следующие обозначения:

Г - баллистический гальванометр;
L - нормальная катушка (соленоид);
L_1 - измерительная катушка, служащая для определения баллистической постоянной гальванометра, закрепленная в центральной части соленоида;
L_2 - измерительная катушка, перемещаемая в поле электромагнита;
$П_1$ - переключатель гальванометра;
$Э_1$, $Э_2$ - клеммы катушки электромагнита;
R – реостат;
Щ4313 - измеритель тока комбинированный;
K_1 – ключ;
$П_2$ - переключатель цепей: соленоид-электромагнит;
$П_3$ - переключатель направления тока в катушке электромагнита.

Примечание: подключение гальванометра, катушек L_1 и L_2 к переключателю $П_1$, перекрестное соединение клемм 1 и 2 переключателя $П_3$ выполнено на установке.

В электрической схеме можно выделить две цепи: цель соленоида и цепь электромагнита, включаемые переключателем $П_2$.Поэтому работа состоит из 2^{-x} заданий

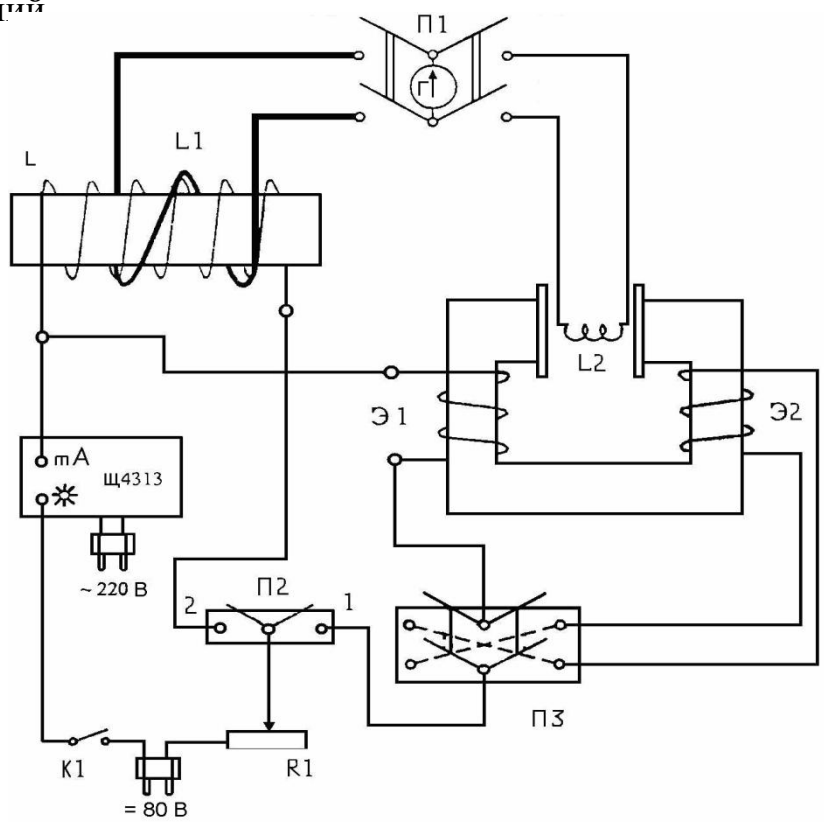

Рис.1. Электрическая схема установки.

Порядок выполнения задания 1

1. Собрать схему согласно рис. 1, выяснив нахождение клемм с напряжением ~220 В и =80 В на панели электрического щитка.
2. Установить движок реостата **R** в положение наибольшего сопротивления (достаточно установить его в среднее положение).
3. Включить электропитание установки (с разрешения преподавателя).
4. Подготовить к работе прибор **Щ4313**. Убедиться в том, что соединительные шнуры подключены к гнездам: **mA** и ☼. Нажаты кнопки - **ПИТ mA**, **2000**, остальные кнопки должны быть отжаты.
5. Переключатель $\mathbf{П_1}$ установить в положение $\mathbf{L_1}$ (отжатое положение). Переключателем $\mathbf{П_2}$ замкнуть цепь соленоида.
6. Ключом **К** замкнуть электрическую цепь и установить заданную величину тока $\mathbf{I_1}$, указанную на столе, с помощью реостата **R**.
7. Найти наибольшее смещение светового указателя гальванометра **N** размыкании цепи $\mathbf{N_{1раз}}$ и замыкании цепи $\mathbf{N_{1зам}}$ (эти операции производят ключом **К** после установления светового указателя в положение 0. Убедиться в равенстве этих значений.
8. Определить среднее значение смещения светового указателя и по формуле (8) вычислить баллистическую постоянную $\mathbf{К_δ}$.
9. Проделать аналогичные измерения ещё для двух указанных токов и вычислить $\mathbf{К_δ}$.
10. Найти среднее значение $\mathbf{К_{δ.ср}}$.
11. Результаты представить в форме таблицы.

№, п./п.	I, mA	$N_{1зам}$, дел.	$N_{1раз}$, дел.	$N_{1ср.}$, дел.	$K_δ$	$K_{δ.ср.}$

ЗАДАНИЕ 2. Исследование магнитного поля между полюсами электромагнита.

Знание баллистической постоянной ($К_{δ.ср}$) позволяет производить измерение индукции магнитного поля между полюсами электромагнита с помощью измерительной катушки (L_2), которая перемещением может быть установлена по направляющей в любой точке между плоскими полюсами электромагнита.

Если катушка (L_2) содержит число витков (n_2) и имеет площадь (S) магнитный поток через ее площадь в поле электромагнита:

$$Ф_2 = B_2 S_2 n_2 ;$$

При выключении тока в электромагните электромагнитный поток измениться до нуля. Согласно формуле (3) через гальванометр протечет количество электричества:

$$q_2 = \frac{Ф_2}{R_2} = \frac{n_0 B_2 S_2}{R_1} \ ; \qquad (9)$$

и световой указатель переместиться на N_2 деления шкалы. Величина этого заряда определяется формулой :

$$q_2 = K_{\delta.ср} \cdot N_2 \quad ; \qquad (10)$$

Приравнивая выражения (9) и (10) находим индукцию магнитного поля в точке расположения измерительной катушки L_2:

$$B_2 = \frac{K_{\delta.ср} \cdot R_1 \cdot N_2}{S_2 \cdot n_2} \quad ; \qquad (11)$$

Порядок выполнения задания 2

1. Установить переключатель **$П_1$** в положение включения измерительной катушки **L_2** (кнопка нажата).
2. Установить переключатель **$П_2$** в положение включения цепи электромагнита.
3. Замкнуть переключатель **$П_3$** в положение **(I).**
4. Замкнуть ключ **К** и реостатом **R** установить рабочий ток электромагнита, указанный на столе (при измерениях **I =const**).
5. Установить измерительную катушку **L_2** в положение с координатой **X** = 4 см.
6. Разомкнуть переключатель **$П_3$**, переведя его в нейтральное положение и записать наибольший отброс **N_2** светового указателя гальванометра, соответствующий току размыкания.
7. Замкнуть переключатель $П_3$ в положение **(II)** и записать наибольший отброс **N_2'** светового указателя гальванометра, соответствующий току замыкания. Замкнуть переключатель **$П_3$** в положение **(I).**
8. Перемещая катушку **L_2** через **ΔX** = 2 см. до конца линейки направляющей, (проделать операции описанные в п.п. 6. 7) размыкая из положения **(I)** (замыкая в положение **(II)**) переключатель **$П_3$** в соответствующих точках найти наибольшие отбросы **N_2** и **N_2'** в этих точках.
9. По значениям **N_2** , **N_2'** о формулы (11) рассчитать индукцию магнитного поля в этих точках.
10. Данные представить в виде таблицы:

№ п./п.	X, см	N_1, дел.	B_1 , Тл.	N_2, дел.	B_2, Тл.

11. Выключить питание электроустановки нажатием красной кнопки электрощита.
12. Разобрать электрическую цепь (предварительно показав результаты преподавателю).
13. Построить два графика зависимости индукции магнитного поля **(B)** от положения **(X)** точки (т.е. катушки **L_2**) между полюсами электромагнита.
14. Максимальное значение **(B)** представить в форме доверительного интервала.

Контрольные вопросы

1. Что называется индукцией магнитного поля? Как она направлена?
2. Сформулируйте принцип суперпозиции полей. Как он проявляется в данной работе?
3. Что такое поток магнитной индукции, в каких единицах он выражается?
4. Сформулируйте закон Фарадея и объясните как он реализуется в данной работе?
5. С какой целью в работе используется соленоид? Как его отличить от магнитной катушки?
6. Как устроен и работает баллистический гальванометр?
7. Каков физический смысл баллистической постоянной?
8. Выведите формулу (8).

Список рекомендуемой литературы

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа. 1994. §§ 109, 110, 120, 123.
2. Савельев П.В. Курс обшей физики. М.: Наука. 1978, т.2 §§ 60, 61, 62.