

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени М. В. Ломоносова**

---

**Физический факультет  
кафедра общей физики и физики конденсированного состояния**

**Методическая разработка  
по общему физическому практикуму**

**Лаб. работа № 58**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ  
КРУГОВОГО ТОКА**

**Описание составили:  
ст. преп. Овчинникова Т.Л., доцент Попов Ю.Ф.**

**Москва - 2012**

Подготовил методическое пособие к изданию доц. Авксентьев Ю.И.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ КРУГОВОГО ТОКА

## Упражнение 1 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ КРУГОВОГО ТОКА

На правый конец параллельного рейтера (направленного вдоль оси соленоидов) установить плоский кольцевой контур  $L_k$  (6) (рис. 1а), моделирующий круговой ток.

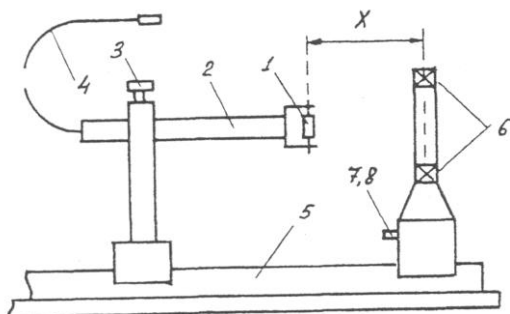


Рис. 1. а) Измерение магнитной индукции кругового тока: расположение кольцевого контура и датчика ЭМИ  $D_1$ .

1 – датчик ЭМИ; 2 – горизонтальная штанга; 3 – стопорный винт; 4 – коаксиальный кабель; 5 – параллельный рейтер; 6 – кольцевой контур  $L_k$ ; 7,8 – клеммы подключения контура.

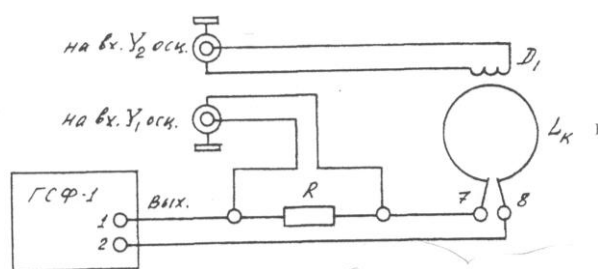


Рис. 1. б) Измерение магнитной индукции кругового тока: схема включения.

Установить датчик ЭМИ  $D_1$  на этот же рейтер. Развернуть катушку датчика так, чтобы её ось совпала по направлению с осью кольцевого контура ( $0^\circ$  на лимбе). Передвигая подставку датчика и кольцевой контур по рейтеру, найти такое положение, при котором датчик находится в центре кольцевого контура, а риска на подставке датчика отмечает целочисленное значение (в см) по шкале рейтера. Это положение датчика соответствует значению параметра  $x=0$  (см. рис. 1а).

Собрать схему, как показано на рис. 1б. В узлах схемы использовать провода с комбинированными штекерами (с гнездами). Напряжение с резистора  $R$  посредством коаксиального кабеля (белого) подать на разъём входа первого канала осциллографа  $Y_1$ . Кабель с датчика ЭМИ  $D_1$  (синий) подключить на разъём входа второго канала  $Y_2$ . Включить генератор и осциллограф и дать им прогреться 2-3 минуты.

Задать частоту генератора (см. п. 9 задачи № 57), близкую к одному из значений  $n \cdot 100 \text{ Гц}$  ( $n=1,2,\dots,5,6$ ) (соответственно скорректировать длительность развертки по  $x$ ). Плавной регулировкой выходного напряжения генератора установить на первом канале осциллографа величину  $\Delta U_1$ , равную

3-4 делениям шкалы экрана. Записать значения:  $\Delta U_1 = n \text{ дел} \times 100 \text{ мВ} = \dots \text{ мВ}$ ;  $\nu = \dots \text{ Гц}$ .

Измерить на втором канале ЭДС индукции  $\Delta U_2$ , используя методику, описанную в п. 9 (рис. 12,б) задачи № 57 и занести результат в табл. 1. При последующих измерениях изменять параметр  $x$  с шагом 2 см, занося измеренные значения  $\Delta U_2$  в таблицу. По мере увеличения параметра  $x$  величина ЭДС индукции уменьшается, при этом возможно потребуется переход на более высокую чувствительность по второму каналу (50, 20, 10, ... мВ).

Таблица 1.

| N   | x, см | n, дел | Масштаб, мВ/дел | $\varepsilon_m = \frac{\Delta U_2}{2}$ , мВ | $B_{\text{экс}}$ , Гс |
|-----|-------|--------|-----------------|---|-----------------------|
| 1   | 0     | $n_1$  | 100             |   |                       |
| 2   | 2     | $n_2$  | ...             |   |                       |
| 3   | 4     | $n_3$  | ...             |   |                       |
| ... | ...   | ...    |                 |   |                       |
| 11  | 20    | ...    |                 |   |                       |

Амплитудные значения тока в контуре  $I_m$ , и ЭДС индукции  $I_m = \frac{\Delta U_1}{2R}$  равны  $\varepsilon_m = \frac{\Delta U_2}{2}$ , соответственно. Экспериментальное значение магнитной индукции кольцевого контура  $B_{\text{экс}}$  вычисляется по формуле (25) (см. п. 7 задачи № 57). Параметры датчика ЭМИ: диаметр  $d_1 = 18 \text{ мм}$ , число витков  $N_1 = 250$ . Результаты расчётов представить в гауссах и записать в табл. 1.

## Упражнение 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ КРУГОВОГО ТОКА

Параметры кольцевого тока  $L_k$  диаметр  $D = 70 \text{ мм}$ , число витков  $N = 400$ .

Амплитудное значение тока в контуре равно  $I_m = \frac{\Delta U_1}{2R}$  а полный круговой ток равен  $I_k = NI_m$ .

Рассчитать зависимость функции  $(R^2 + x^2)^{3/2}$  от параметра  $x$  и занести в табл. 2 ( $R$  - радиус кольцевого контура.  $R = 3,5 \text{ см}$ ). Используя формулу (11) (см. задачу № 57) и данные по  $(R^2 + x^2)^{3/2}$ , рассчитать зависимость магнитной

индукции на оси кругового тока  $I_k$  от параметра  $x$ . Результаты расчёта представить в гауссах и занести в табл. 2. На одном графике построить зависимости  $B_{\text{экс}}(x)$  и  $B_{\text{теор}}(x)$ .

Таблица 2

| N   | X, см | $(R^2 + x^2)^{3/2}$ | $B_{\text{теор}}, \text{ Гс}$ |
|-----|-------|---------------------|-------------------------------|
| 1   | 0     |                     |                               |
| 2   | 2     |                     |                               |
| 3   | 4     |                     |                               |
| ... | ...   |                     |                               |
| 11  | 20    |                     |                               |

Для параметра  $x=0$  рассчитать значения коэффициентов

$$K_{\text{экс}} = \frac{B_{\text{экс}}}{I_m} = \dots \frac{\text{Гс}}{a}; \quad K_{\text{теор}} = \frac{B_{\text{теор}}}{I_m} = \dots \frac{\text{Гс}}{a}.$$

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО И ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ КРУГОВОГО ТОКА

Используя формулу (21) (см. задачу № 57) и рис. 1 в, объяснить, почему экспериментальные значения магнитной индукции кругового тока  $B_{\text{экс}}$  меньше значений  $B_{\text{теор}}$ . Почему различие между  $B_{\text{экс}}$  и  $B_{\text{теор}}$  уменьшается с увеличением параметра  $x$ .

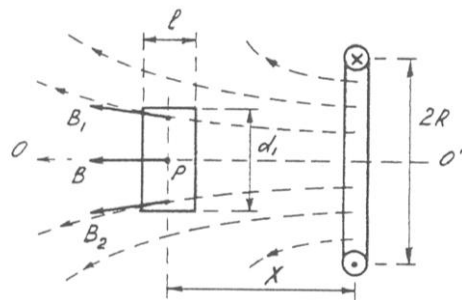


Рис. 1. в) Измерение магнитной индукции кругового тока: датчик ЭМИ в неоднородном магнитном поле.  $d_1$  - диаметр и  $l$  - длина катушки датчика;  $B, B_1, B_2$  - магнитная индукция в различных точках объёма, занимаемого датчиком.

## Контрольные вопросы

1. Закон Био-Саввара и магнитная индукция прямолинейного тока.
2. Закон Био-Саввара и магнитная индукция кругового тока.
3. Циркуляция вектора магнитной индукции и магнитное поле соленоида.
4. Нарисовать силовые линии магнитной индукции двух:
  - а) параллельных токов (токи в одном направлении);
  - б) антипараллельных токов (токи в противоположных направлениях).
5. Два длинных прямолинейных проводника с током  $I$  соединены под прямым углом элементом окружности радиуса  $R$  из проводника. Чему равна магнитная индукция в центре закругления?
6. Квадратный контур из проводника с током  $I$  создаёт в центре магнитную индукцию  $B_1$ . Сторона квадрата равна  $l$ . Как изменится магнитная индукция в центре контура, если его превратить в окружность без изменения длины?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 2. М.: Наука, 1970, гл. VI.  
Магнитное поле в вакууме. §§ 38-42.
2. Белов Д.В. Электромагнетизм и волновая оптика. М.: Изд-во МГУ, 1994.  
Гл. III. § 7.