

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)
Кафедра Физики

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16
по дисциплине «Физика»
Тема: ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
ЗЕМЛИ

Студент гр. 9892 _____

Лескин К.А.

Преподаватель _____

Лоскутников В.С.

Санкт-Петербург
2020

Цель

Изучение явления электромагнитной индукции; измерение индукции магнитного поля Земли.

Приборы и принадлежности

Измерительная установка с вращающейся катушкой и интегрирующим усилителем.

Исследуемые закономерности

В лабораторной работе измеряется магнитное поле земли на основе явления электромагнитной индукции.

При повороте контура, состоящего из N витков, в однородном магнитном поле с индукцией B в нем наводится электродвижущая сила (ЭДС) электромагнитной индукции

$$E_i = - \frac{d\Psi}{dt} \quad (1)$$

$\Psi = N\Phi$ – полный магнитный поток (потокосцепление), сцепленный с контуром;

$\Phi = BS \cos \alpha$ – поток вектора B через плоскую поверхность площадью S , охватываемую контуром;

$S = Sn$ – вектор, равный S по модулю и направленный по нормали к этой поверхности;

n – орта нормали;

α – угол между векторами B и n .

В работе установка расположена так, что $\alpha = 0$.

ЭДС, возникающая при повороте контура вызывает индукционный ток, переносящий заряд через поперечное сечение проводников контура.

В итоге получаем напряжение

$$U = \frac{2NBS}{RC} \quad (2)$$

Протокол

i	U_{Γ}, B	i	U_B, B
1	2.6	1	7.5
2	2.7	2	7.2
3	2.6	3	7.5
4	2.3	4	7.4
5	2.5	5	6.9
6	2.5	6	7.2
7	2.3	7	7.1
8	2.6	8	7.2
9	2.3	9	7.0
10	2.5	10	7.4

Константы эксперимента

r	радиус катушки	100 мм
N	кол-во витков	2000
C	ёмкость конденсатора	2 мкФ
R	сопротивление	470 Ом

Обработка результатов измерений

Вычислить средние значения и доверительные погрешности напряжений U_B и U_Γ и значений B_B , B_Γ , B_0 . Параметры R, S, N и указаны на панели установки.

Рассчитаем среднее значение и доверительную погрешность U_Γ :

$$\overline{U_\Gamma} = \sum_{i=1}^{10} U_{\Gamma i} = \frac{2.3 + 2.3 + 2.3 + 2.5 + 2.5 + 2.5 + 2.6 + 2.6 + 2.6 + 2.7}{10} = 2.49$$

$$S_{\overline{U_\Gamma}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_{\Gamma i} - \overline{U_\Gamma})^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{0.0361 + 0.0361 + 0.0361 + 0.0001 + 0.0001 + 0.0001 + 0.0121 + 0.0121 + 0.0121 + 0.0441}{90}} = 0.045825756949558406$$

$$\Delta U_\Gamma = t_{P,N} S_{\overline{U_\Gamma}} = 2.2622 * 0.045825756949558406 = 0.10366702737129102$$

$$\Delta \overline{U_\Gamma} = \sqrt{\Delta U_\Gamma^2 + \theta_{U_\Gamma}^2} = \sqrt{0.10366702737129102^2 + 0.01^2} = 0.10414822400790136 \approx 0.1$$

$$U_\Gamma = \overline{U_\Gamma} \pm \Delta \overline{U_\Gamma} = 2.49 \pm 0.1, P = 95\%$$

Рассчитаем среднее значение и доверительную погрешность B_Γ :

$$B_\Gamma = \frac{U_\Gamma RC}{2NS} = \frac{U_\Gamma RC}{2N\pi r^2}$$

$$B_\Gamma = U_\Gamma \frac{470 * (2 * 10^{-6})}{2 * 2000 * (3.14 * 0.1^2)} \approx U_\Gamma * 74.8 * 10^{-6}$$

i	1	2	3	4	5
B_Γ , мкТл	17.2	17.2	17.2	18.7	18.7
i	6	7	8	9	10
B_Γ , мкТл	18.7	19.4	19.4	19.4	20.2

$$\overline{B_\Gamma} = \sum_{i=1}^{10} B_{\Gamma i} = \frac{17.2 + 17.2 + 17.2 + 18.7 + 18.7 + 18.7 + 19.4 + 19.4 + 19.4 + 20.2}{10} = 18.61$$

$$S_{\overline{U}_B} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (B_{\Gamma i} - \overline{B}_{\Gamma})^2}{N(N-1)}} =$$

$$\sqrt{\frac{1.9881 + 1.9881 + 1.9881 + 0.0081 + 0.0081 + 0.0081 + 0.6241 + 0.6241 + 0.6241 + 2.5281}{90}} =$$

$$0.3397548135543238$$

$$\Delta B_{\Gamma} = t_{P,N} S_{\overline{B}_{\Gamma}} = 2.2622 * 0.3397548135543238 = 0.7685933392225913$$

$$\Delta \overline{B}_{\Gamma} = \sqrt{\Delta B_{\Gamma}^2 + \theta_{B_{\Gamma}}^2} = \sqrt{0.7685933392225913^2 + 0.01^2} = 0.7686583903772425 \approx$$

$$0.76$$

$$B_{\Gamma} = \overline{B}_{\Gamma} \pm \Delta \overline{B}_{\Gamma} = 18.61 \pm 0.76 \text{ мкТл}, P = 95\%$$

Рассчитаем среднее значение и доверительную погрешность U_B :

$$\overline{U}_B = \sum_{i=1}^{10} U_{Bi} = \frac{7.5 + 7.2 + 7.5 + 7.4 + 6.9 + 7.2 + 7.1 + 7.2 + 7.0 + 7.4}{10} =$$

$$7.24$$

$$S_{\overline{U}_B} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_{Bi} - \overline{U}_B)^2}{N(N-1)}} =$$

$$\sqrt{\frac{0.0676 + 0.0016 + 0.0676 + 0.0256 + 0.1156 + 0.0016 + 0.0196 + 0.0016 + 0.0576 + 0.0256}{90}} =$$

$$0.06531972647421808$$

$$\Delta U_B = t_{P,N} S_{\overline{U}_B} = 2.2622 * 0.06531972647421808 = 0.14776628522997612$$

$$\Delta \overline{U}_B = \sqrt{\Delta U_B^2 + \theta_{U_B}^2} = \sqrt{0.14776628522997612^2 + 0.01^2} = 0.14810427087247233 \approx$$

$$0.15$$

$$U_B = \overline{U}_B \pm \Delta \overline{U}_B = 7.24 \pm 0.15, P = 95\%$$

Рассчитаем среднее значение и доверительную погрешность B_B :

$$B_B = \frac{U_B RC}{2NS} = \frac{U_B RC}{2N\pi r^2}$$

$$B_B = U_B \frac{470 * (2 * 10^{-6})}{2 * 2000 * (3.14 * 0.1^2)} \approx U_B * 74.8 * 10^{-6}$$

i	1	2	3	4	5
$B_B, \text{ мкТл}$	56.1	53.9	56.1	55.4	51.6
i	6	7	8	9	10
$B_B, \text{ мкТл}$	53.9	53.1	53.9	52.4	55.4

$$\overline{B_B} = \sum_{i=1}^{10} B_{Bi} = \frac{56.1 + 53.9 + 56.1 + 55.4 + 51.6 + 53.9 + 53.1 + 53.9 + 52.4 + 55.4}{10} =$$

54.18

$$S_{\overline{B_B}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (B_{Bi} - \overline{B_B})^2}{N(N-1)}} =$$

$$\sqrt{\frac{3.6864 + 0.0784 + 3.6864 + 1.4884 + 6.6564 + 0.0784 + 1.1664 + 0.0784 + 3.1684 + 1.4884}{90}} =$$

0.4896257073860944

$$\Delta B_B = t_{P,N} S_{\overline{B_B}} = 2.2622 * 0.4896257073860944 = 1.1076312752488227$$

$$\Delta \overline{B_B} = \sqrt{\Delta B_B^2 + \theta_{B_B}^2} = \sqrt{1.1076312752488227^2 + 0.01^2} = 1.107676415705116 \approx$$

1.1

$$B_B = \overline{B_B} \pm \Delta \overline{B_B} = 54.18 \pm 1.1, P = 95\%$$

Рассчитаем B_0 :

$$B_0^2 = B_{\Gamma}^2 + B_B^2$$

$$B_0 = \sqrt{B_{\Gamma}^2 + B_B^2}$$

$$B_0 = \sqrt{18.61^2 + 54.18^2} = 57.29 \text{ мкТл}$$

Рассчитаем E_{i1} и E_{i2} :

$$E_i = \frac{\Delta\Psi}{\Delta t}$$

$$\Psi = N\Phi = BS \cos \alpha N = [\alpha = 90^\circ] = NBS$$

$$E_{B1} = \frac{NBS}{\Delta t_1} = 0.74 \text{ мВ}$$

$$E_{B2} = -\frac{NBS}{\Delta t_2} = -0.74 \text{ мВ}$$

$$E_{\Gamma 1} = -\frac{NBS}{\Delta t_1} = -4.80 \text{ мВ}$$

$$E_{\Gamma 2} = \frac{NBS}{\Delta t_2} = 4.80 \text{ мВ}$$

Вывод

В результате выполнения лабораторной работы были рассчитаны значения B_H, B_V, B_0 – горизонтальной, вертикальной составляющих и модуля вектора магнитной индукции земли. Значения соответственно составили 18.61 мкТл, 54.18 мкТл и 57.29 мкТл, что близко к значениям соответственных величин, измеренных в г. Москве на 18.11.2008 НИТУ "МИСиС": 15,97 мкТл, 48,13 мкТл и 50,71 мкТл.