**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**

**Кафедра Физики**

**ОТЧЕТ по лабораторной работе №16**

**по дисциплине «Физика»**

**Тема: «Измерение магнитного поля Земли»**

Студент гр. 1335 Максимов

Преподаватель

Санкт-Петербург 202

РАБОТА 16

ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: изучение явления электромагнитной индукции; измерение индукции магнитного поля Земли.

Приборы и принадлежности: измерительная установка с вращающейся катушкой и интегрирующим усилителем.

Общие сведения. Факт существования магнитного поля Земли известен давно, однако развитой количественной теории этого поля в настоящее время не существует: предполагается, что главным источником поля являются вихревые токи в жидком ядре Земли. В первом приближении геомагнитное поле соответствует полю намагниченного шара, Северный полюс которого находится в Южном полушарии Земли, а Южный полюс – в Северном. Линии индукции магнитного поля Земли представляют собой замкнутые кривые, которые выходят из центра Земли через Южное полушарие, огибают поверхность Земли и через Северное полушарие возвращаются к центру. Наибольшее значение индукции магнитного поля Земли составляет около 70 мкТл (в районе Курской магнитной аномалии достигает 200 мкТл).

Исследуемые закономерности. В данной работе определение индукции магнитного поля основывается на использовании явления электромагнитной индукции.

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

Ei = –dΨ/dt,

где Ψ = NΦ—полный магнитный поток (потокосцепление), сцепленный с контуром; Φ = B•S = BS cos α – поток вектора В через плоскую поверхность площадью S, охватываемую контуром; S = Sn — вектор, равный S по модулю и направленный по нормали к этой поверхности; n – единичный вектор (орт) нормали; α – угол между векторами В и n.

Возникающая ЭДС индукции вызывает в контуре сопротивлением R индукционный ток i = εi/R = –(1/R) dψ/dt = –(N/R) dΦ/dt. (1)

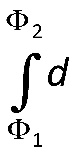
(Ток определяется указанной формулой, если время переходного процесса в контуре индуктивностью L много меньше времени его поворота в магнитном поле. В работе это условие выполняется.) При этом через поперечное сечение проводников контура за время его поворота t переносится заряд

Q = dt.

Если в цепь контура включить конденсатор емкостью С, то за время t напряжение на его обкладках изменится на величину

U = Q/C = C–1dt

или, с учетом выражения (1),

U = C–1–(N/R)(dΦ/dt)dt = –N/(CR) Φ = –[N/(CR)](Φ2 – Φ1),

здесь Φ1 – поток вектора B, пронизывающий контур в его начальном положении, а Φ2 – в конечном.

При повороте контура на 180° нормаль также повернется на 180°, тогда

Ф2 = BS cos(180°+α) = – BS cos α = Φ1 и

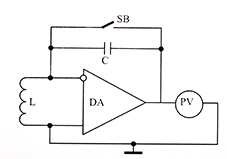
U = 2Φ1N/(CR).

Выбрав начальное положение контура так, что α = 0 (векторы В и п параллельны), получим Φ2 = BS и

U = 2NBS/(RC).

Используя это соотношение, по заданным N, С, R, S и измеренной величине U можно рассчитать значение индукции В.

Методика измерений. Вектор индукции магнитного поля Земли B0 можно разложить на две составляющие: вертикальную Bв и горизонтальную Bг. Поворачивая контур в магнитном поле Земли вокруг горизонтальной и вертикальной осей, определяют значения вертикальной Bв и горизонтальной Bг составляющих индукции магнитного поля Земли, а затем рассчитывают индукцию B02 = Bв2 + Bг2.



Электрическая схема установки для измерения магнитного поля Земли представлена на рис. Измерительная катушка L подключена к входу операционного усилителя (ОУ) DA, цепь обратной связи которого образована конденсатором емкостью С. Напряжение на выходе ОУ, равное напряжению на конденсаторе C, измеряется вольтметром PV. Катушка закреплена на специальном каркасе, допускающем ее повороты на 180° вокруг горизонтальной и вертикальной осей и обеспечивающем выполнение условий n||Bв и n||Bг в крайних ее положениях.

Для определения значения Bв измеряют напряжение Uв = |Uвк – Uвн|, возникающее на конденсаторе C при повороте катушки на 180° вокруг горизонтальной оси. Начальное напряжение Uвн должно быть близким к нулю, что достигается разрядом конденсатора С при замыкании кнопки SB перед поворотом катушки. Конечное напряжение Uвк измеряется в момент остановки катушки после ее поворота. Поворот должен осуществляться достаточно быстро: в течение 1...2 с.

Подобным образом для определения Bг измеряют напряжение Uг = |Uгк – Uгн|, возникающее при повороте рамки с катушкой вокруг вертикальной оси на 180°, при этом плоскость катушки должна оставаться все время в вертикальном положении, а в начальном положении катушки ее нормаль должна быть направлена к северному или южному магнитному полюсу.

# Указания по выполнению наблюдений и обработке результатов

1. Собрать и включить измерительную схему. Установить катушку в вертикальной плоскости в одном из крайних положений. Расположить установку так, чтобы магнитная стрелка компаса, установленного на корпусе, была перпендикулярна плоскости катушки.
2. Измерить не менее 10 раз напряжение Uг при поворотах рамки с катушкой вокруг вертикальной оси на 180°.
3. Измерить не менее 10 раз напряжение Uв при поворотах катушки вокруг горизонтальной оси на 180°.
4. Вычислить средние значения и доверительные погрешности напряжений Uв и Uг и значений Bв, Bг, B0. Параметры R, S, N и С указаны на панели установки.
5. Рассчитать значения и построить графики ЭДС индукции Ei1(t) и Ei2(t), возникающей в катушке при ее равномерном повороте на 180° за время поворота t1 и t2 вокруг горизонтальной оси (или, по указанию преподавателя, при повороте рамки с катушкой вокруг вертикальной оси), используя полученные в работе результаты и указанные на панели установки значения t1 и t2.

# Контрольные вопросы и задания

1. Изобразите (качественно) магнитное поле Земли.
2. Возникает ли индукционный ток в рамке, поступательно движущейся в однородном магнитном поле?
3. Как влияет на результат измерения горизонтальной и вертикальной составляющих магнитного поля Земли «неточная» ориентация катушки на магнитные полюса?
4. Покажите, что закон Фарадея является следствием закона сохранения энергии.

# Литература

Савельев И. В. Курс обшей физики. – М.: Наука, 1982. – Т 2, §§ 61, 62.

Лабораторный практикум по физике: Учеб. пособие для студентов втузов/Б. Ф. Алексеев, К. А. Барсуков, И. А. Войцеховская и др.; Под ред. К. А. Барсукова и Ю. И. Уханова. – М.: Высш. шк., 1988. – С 118-123.

Обработка

1) Обработаем и найдём доверительную погрешность выборок напряжений:

а) Горизонтальный поворот:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,8 | 0,64 | 0,8 | 0,57 | 0,78 | 0,72 | 0,7 | 0,77 | 0,69 | 0,79 | 0.063 | 0.024 |  |

б) Вертикальный поворот:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4,2 | 3,3 | 4,2 | 3,9 | 3,2 | 4,3 | 4,3 | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 0,058 | 0,022 |  |

2) Теперь найдём значения вертикальной и горизонтальной оставляющей поля:

3) Найдём полную индукцию магнитного поля Земли:

4) Найдём угол, под которым к поверхности наклонено магнитное поле:

Вывод: мы изучили свойства магнитного поля Земли и узнали его магнитную индукцию. Ещё мы изучили электромагнитное поле круговой катушки и узнали о нём больше.

Значение электромагнитной индукции Земли, которое мы получили: – она очень мала, так как основная сила поля заключена в ядре нашей планеты.