

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОВОДНИК С ТОКОМ

Цель работы – экспериментальное изучение закона Ампера; определение магнитной индукции в воздушном зазоре постоянного магнита.

1. Теоретические основы работы

На элемент $d\vec{l}$ проводника с током I , находящегося в магнитном поле с индукцией \vec{B} (рис.1), действует сила $d\vec{F}$, значение которой определяется законом Ампера:

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}]. \quad (1)$$

На прямолинейный проводник длиной b с током I , расположенный перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля действует сила, значение которой находится интегрированием (1) по длине проводника:

$$F_A = \int_0^b dF = IBb, \quad (2)$$

где I – сила тока в проводнике; b – длина проводника; B – магнитная индукция.

В технике широко используются приборы, в которых магнитное поле создается в малом кольцевом зазоре 1 постоянными магнитами 2 и 4 (рис. 2). В пределах зазора линии магнитного поля направлены радиально, а значение магнитной индукции зависит только от расстояния до точки O . Если в такое магнитное поле поместить рамку 3 с током I , свободно вращающуюся вокруг оси O , то на нее будет действовать пара сил Ампера.

Момент этих сил относительно оси вращения O зависит от значения магнитной индукции в тех точках пространства, где расположены стороны рамки параллельные оси вращения, от силы тока в рамке, ее геометрических размеров, числа витков N намотанного на нее провода,

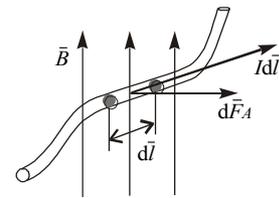


Рис. 1. Определение силы, действующей на элемент тока в магнитном поле

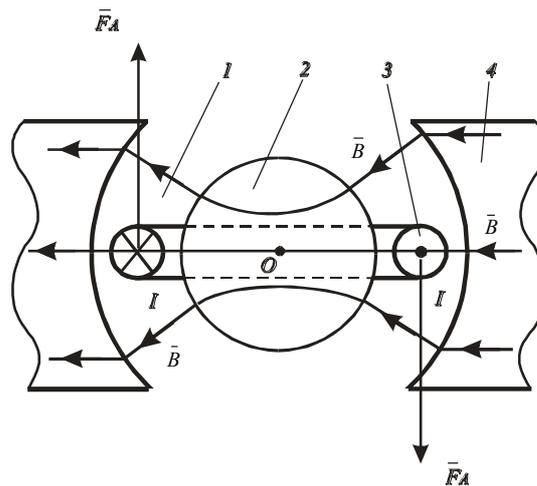


Рис.2. Рамка с током в радиальном магнитном поле

но не зависит от угла поворота рамки:

$$M = F_A a N, \quad (3)$$

где M – момент сил Ампера относительно оси вращения; F_A – сила Ампера; N – число витков, a – ширина рамки.

Из (2) и (3) имеем

$$M = IBbaN, \quad (4)$$

где b – длина рамки.

Если момент сил Ампера $M_{(A)}$, приложенный к рамке 1 (рис. 3), уравновесить моментом силы тяжести mg , действующей на стрелку 2, жестко связанную с рамкой, то значение момента сил Ампера можно определить по углу поворота α рамки, при котором достигается механическое равновесие:

$$M_{(A)} = M(mg) \quad (5)$$

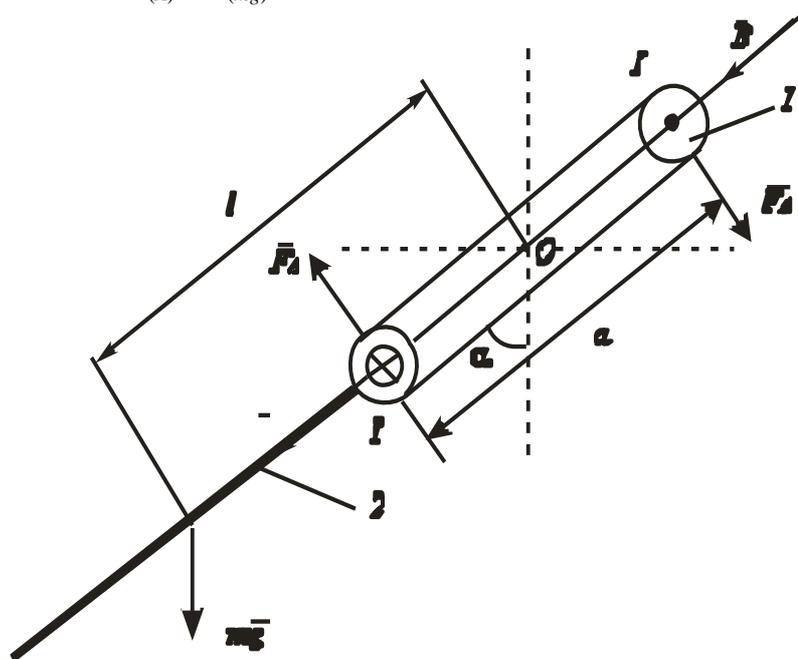


Рис. 3 Момент силы тяжести уравновешивает момент силы ампера
Из (4) и (5) и рис. 3 следует:

$$F_A a N = I B b a n = m g l \sin \alpha, \quad (6)$$

где I – сила тока в рамке, B – магнитная индукция, a – ширина рамки, b – длина рамки, l – расстояние от центра масс стрелки до оси вращения рамки, m – масса стрелки, N – число витков рамки, α – равновесный угол поворота рамки.

Из (6) следует:

$$F_A = \frac{m g l}{a N} \sin \alpha, \quad (7)$$

2. Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка представляет собой амперметр магнитоэлектрической системы, в котором измерительная рамка находится в радиальном поле постоянных магнитов, как это показано на рис. 2. На стрелке прибора, в отсутствие тока занимающей вертикальное положение, закреплена тонкая металлическая трубочка. Измерительная шкала амперметра заменена транспортиром для измерения углов отклонения стрелки.

Для учета методической погрешности, связанной с наличием момента упругих сил M_y , возникающих в подвеске рамки при ее повороте, необходимо поставить корпус прибора на левую боковую грань и измерить угол β отклонения груза от вертикали. По углу β можно определить коэффициент жесткости подвески k .

Так как $M_y = k \beta$, то при равновесии рамки с грузом момент силы тяжести равен моменту упругих сил:
 $m g l \cos \beta = k \beta$.

Отсюда

$$k = \frac{m g l \cos \beta}{\beta}.$$

С учетом момента упругих сил выражение (6) принимает вид

$$F_A a N = m g l \sin \alpha + k \alpha, \quad (8)$$

а выражение (7) –

$$F_A = \frac{m g l \sin \alpha}{a N} + \frac{m g l \cos \beta}{a N \beta} \alpha. \quad (9)$$

Из (2) и (9) получим выражение для расчета магнитной индукции:

$$B = \frac{mgl}{INab} \left(\sin(\alpha) + \frac{\alpha}{\beta} \cdot \cos(\alpha) \right) \quad (10)$$

3. Порядок выполнения работы.

1. Заполните табл. 1 спецификации измерительных приборов.
2. Измерьте зависимость угла α отклонения груза (поворота рамки) от силы тока I в рамке:
 - подключите модуль лабораторной работы соединительным кабелем к источнику питания. Регулятор напряжения на источнике питания установите в крайнее левое положение;
 - к нижнему штекерному разъему модуля подсоедините прибор для измерения силы тока в рамке;
 - произведите измерение силы тока в рамке для углов отклонения от 5 до 45°. Результаты измерений запишите в табл. 2.
 - выключите электропитание. Положите модуль лабораторной работы на левую боковую грань и измерьте угол β отклонения груза от горизонтали, результат измерений запишите после табл. 2.

Таблица 1

Спецификация измерительных приборов

Название прибора и его тип	Пределы измерения	Цена деления	Инструментальная погрешность

Таблица 2

Зависимость угла отклонения от силы тока в рамке

№	I, A	α°	F_A, H

4. Обработка результатов измерений

1. По данным табл. 2 рассчитайте по формуле (9) значения силы Ампера и результаты запишите в ту же таблицу.
2. Постройте график зависимости силы Ампера от силы тока в рамке, проведя через экспериментальные точки прямую, выходящую из начала координат.
3. Используя выражение (2) найдите по тангенсу угла наклона прямой на графике значение магнитной индукции B в воздушном зазоре постоянного магнита.
4. Рассчитайте погрешность измерения ΔF_A и ΔB , запишите окончательный результат в стандартной форме.

5. Контрольные вопросы

1. Запишите закон Ампера для силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.
2. Запишите условие равновесия рамки с учетом момента упругих сил.
3. Какова зависимость силы Ампера от силы тока в рамке?
4. Каким образом в данной лабораторной работе можно оценить работу сил Ампера?

Лабораторная работа №11
Изучение действия магнитного поля на проводник с током

1. Состав работы:

- источник питания постоянного тока.....1 шт.
- лабораторный модуль.....1 шт.
- мультиметр.....1 шт.

2. Параметры работы:

- масса стрелки "m".....80 мг.
- расстояние от центра масс стрелки до оси вращения "r".....3 см.
- ширина рамки "a".....18 мм.
- длина рамки "b".....13 мм.
- число витков рамки N.....50
- предельный угол отклонения стрелки α50°