

Министерство образования и науки РФ

Федеральное агентство по образованию

**НГТУ**

Кафедра общей физики

Проектная работа на тему

**Плоская катушка в магнитном поле**

Факультет: ПМИ

Преподаватель: Баранов А.В.

Группы: ПМ-15, ПМИ-11

Студенты: Шахрай Вадим

Зуев Андрей

Мироненко Алиса

Новосибирск 2023

## Содержание

Введение .....	3
Теоретическая часть .....	4
Плоская катушка .....	4
Катушки Гельмгольца .....	5
Вольтметр .....	6
Осциллограф .....	6
Программная часть .....	7
Тестирование .....	8
Список использованной литературы .....	9

## **Введение**

В проекте проводится моделирование вращения плоской катушки во вращающейся рамке, находящейся в однородном магнитном поле катушек Гельмгольца, для исследования явления электромагнитной индукции. Проведены расчеты изменения ЭДС индукции в зависимости от изменения характеристик величины магнитного поля и геометрических характеристик рамки.

## Теоретическая часть

Строение установки:

- Источник постоянного тока;
- Катушки Гельмгольца;
- Плоская катушка во вращающейся рамке;
- Вольтметр;
- Осциллограф;
- Двигатель;
- Провода.

Катушка, приводящаяся в движение двигателем, имеет длину  $l$ , ширину  $b$  и количество витков  $n$ . Катушка вращается с постоянной скоростью  $\omega$  и находится в однородном магнитном поле, создаваемым катушками Гельмгольца. Плоская катушка подключена к вольтметру для регистрации действующего значения напряжения. Катушки Гельмгольца имеют радиус  $R$ , количество витков  $N$ , на которые подаётся постоянный ток с значением силы тока  $I$  от источника тока.

### Плоская катушка

В 1831 году Фарадей открыл, что во всяком замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром возникает электрический ток. Это явление называется электромагнитной индукцией.

Для создания тока в цепи необходимо наличие ЭДС. Поэтому явление электромагнитной индукции свидетельствует о том, что при изменениях магнитного потока в контуре возникает электродвижущая сила индукции.

При вращении в одном витке катушки будет индуцироваться ЭДС равная скорости изменения во времени потока магнитной индукции  $\Phi$ , пронизывающего контур

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Поток магнитной индукции одного витка равен

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где  $S$  – площадь одного витка катушки,  $\alpha$  – угол между нормалью к плоскости и направлением вектора магнитной индукции  $B$

Поскольку все витки катушки соединяются последовательно, и поток пронизывающий каждый виток одинаков, то полный магнитный поток будет равен

$$\psi = n\Phi = nBS \cos \alpha.$$

Катушка вращается с постоянной скоростью  $\omega$ , поэтому  $\alpha = \omega t$ .

Тогда выражение для ЭДС индуцируемой в катушке можно записать в виде

$$\varepsilon = -\frac{d\psi}{dt} = nBS\omega \sin\omega t = \varepsilon_m \sin\omega t.$$

Так как площадь одного витка катушки равна  $S = Lb$ , то выражение примет вид

$$\varepsilon = nBLb\omega \sin\omega t = \varepsilon_m \sin\omega t$$

Таким образом, в катушке индуцируется ЭДС, которое изменяется со временем по гармоническому закону.

Пусть полный поток изменяется со временем с значения  $\psi_1$  до  $\psi_1$ . Мгновенное значение силы тока в катушке будет равно

$$i = \frac{\varepsilon_i}{R} = -\frac{1}{R} \frac{d\psi}{dt} = \frac{1}{R} \varepsilon_m \sin\omega t.$$

Материалом для плоской катушки служит медь, имеющая удельное сопротивление  $\rho$   $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом\*м. Диаметр проволоки  $d$  был выбран 0.6 мм. Длина проволоки, необходимой для катушки, рассчитывается по формуле  $L = 2n(l+b)$ . Тогда сопротивление катушки примет вид

$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{8\rho n(l+b)}{\pi d^2}.$$

Таким образом, формула мгновенного значения силы тока примет вид

$$i = \frac{\pi d^2}{8\rho n(l+b)} \varepsilon_m \sin\omega t$$

### **Катушки Гельмгольца**

Для того, чтобы получить однородное магнитное поле мы используем катушки Гельмгольца. Катушками Гельмгольца называется система из двух одинаковых катушек расположенных соосна на расстоянии, равном их радиусу. В пространстве между катушками получается поле высокой однородности.

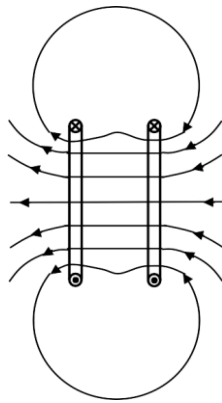
Магнитную индукцию в центре системы можно рассчитать по формуле

$$B = \mu_0 \left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right)^3 \frac{IN}{R},$$

где  $N$  – общее число витков одной катушки,  $R$  – средний радиус катушки,  $I$  – сила тока через катушки.

В данном эксперименте катушки будут подключаться последовательно, и на них будет подаваться ток от источника тока.

На изображении 1 показаны силовые линии магнитного поля катушек Гельмгольца. Показаны лишь линии, лежащие в одной из плоскостей,



Изображение 1

### **Вольтметр**

Вольтметр подключен к плоской катушке и регистрирует действующее значение напряжения, которое будет вычислено по формуле

$$U = \frac{Um}{\sqrt{2}}.$$

### **Осциллограф**

На осциллографе, при его подключении, будет отображена осциллограмма протекаемого процесса.

**Программная часть**

## Тестирование



## **Список использованной литературы**