

Работа 341

Генерация ЭДС индукции в проводящей катушке с помощью постоянного магнита

Решаемые задачи

- Пронаблюдать явление электромагнитной индукцию.
- Проверить закон электромагнитной индукции Фарадея.

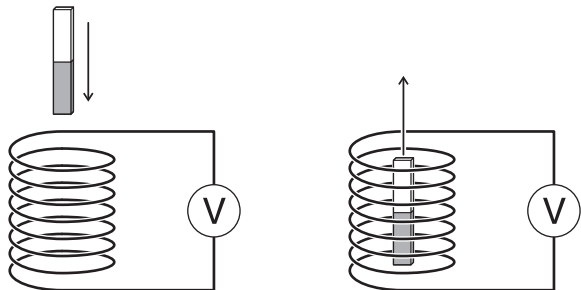
В 1831 Майкл Фарадей обнаружил, что любое изменение магнитного потока Φ через замкнутый проводящий контур приводит к возникновению в нем электродвижущей силы (ЭДС). Магнитный поток можно определить как интеграл вектора магнитной индукции B по площади проводящего контура:

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}. \quad (1)$$

Фарадей установил, что величина ЭДС \mathcal{E} , возникающей в проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ во времени:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad (2)$$

В этой работе изучается ЭДС индукции $\mathcal{E}(t)$, возникающая при внесении постоянного магнита в катушку индуктивности.



Эксперимент можно проводить с разным количеством постоянных магнитов (т.е. с разным значением индукции магнитного поля \mathbf{B}), и для катушек с разным количеством витков N . Общий магнитный поток через катушку Φ зависит от числа витков N как

$$\Phi = N \cdot \Phi_0, \quad (3)$$

где Φ_0 — магнитный поток через один виток катушки. Изменение магнитного потока $\Delta\Phi$ согласно закону электромагнитной индукции Фарадея (4) равно интегралу ЭДС индукции $\mathcal{E}(t)$ по времени:

$$\int_1^2 \mathcal{E}(t) dt = \Phi_1 - \Phi_2 = \Delta\Phi = N \cdot \Delta\Phi_0. \quad (4)$$

Сравнив интегралы от $\mathcal{E}(t)$ при внесении магнита в катушку и вынесении магнита из катушки, а также получив зависимость изменения общего магнитного потока $\Delta\Phi$ от числа витков N можно экспериментально проверить справедливость закона электромагнитной индукции Фарадея.

Оборудование

Магнитный стержень	2 шт.	51011
Катушка с 250 витками	1 шт.	56213
Катушка с 500 витками	1 шт.	56214
Катушка с 1000 витками	1 шт.	56215
Sensor-CASSY 2	1 шт.	524013
Пара кабелей 100 см, красный/синий	2 шт.	50146
Ноутбук		

ЭДС индукции, возникающая в катушке, измеряется с помощью модуля Sensor-CASSY 2. Индукционные катушки подключаются к входу U_A (см. рис. 1), в качестве источников магнитного поля используются постоянные магниты. Регистрация зависимости $\mathcal{E}(t)$ производится с помощью персонального компьютера в программе CASSY Lab 2.

Порядок выполнения работы

Измерение ЭДС индукции как функции магнитного потока

- Подайте на модуль Sensor-CASSY 2 напряжение питания 12 В с помощью адаптера. Подключите Sensor-CASSY 2 ко входу USB компьютера с помощью кабеля.
- Запустите на компьютере программу CASSY Lab 2. После запуска программы на экране появится окно «CASSYs», на котором будет схематично показан подключенный к компьютеру модуль Sensor CASSY 2. Закройте это окно, нажав на кнопку «Close» в его нижней части.

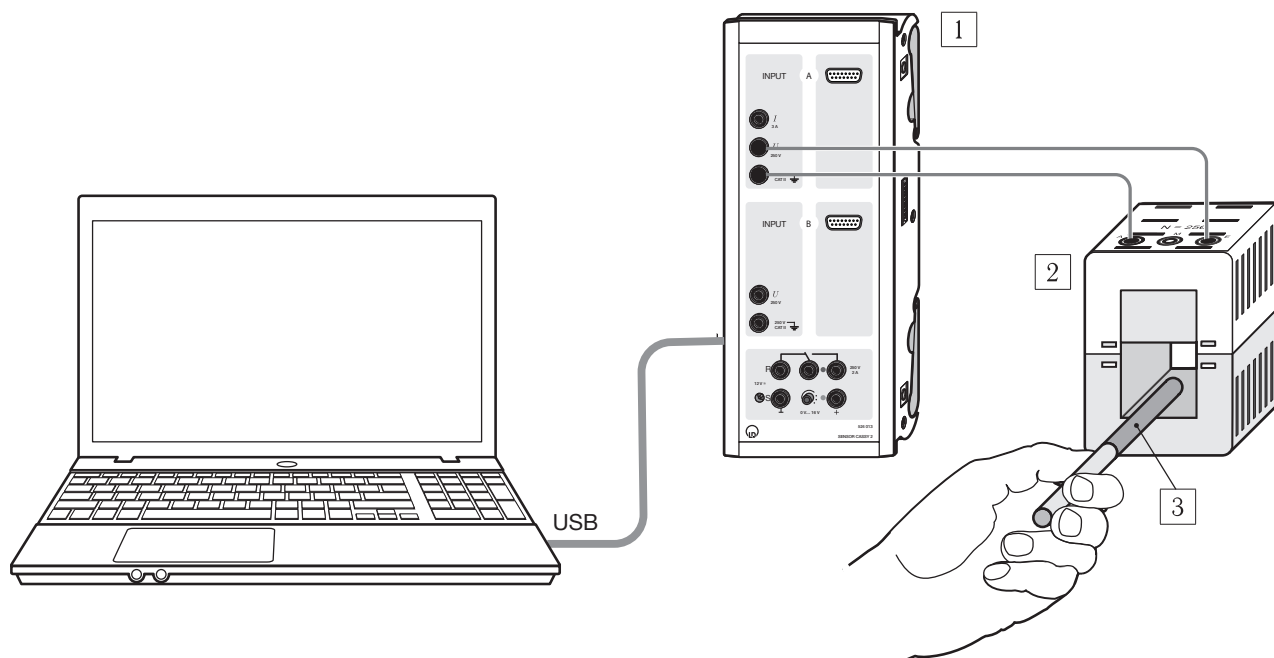


Рис. 1. Экспериментальная установка для изучения электромагнитной индукции: 1) Sensor-CASSY 2; 2) одна из трех катушек индуктивности с N витками ($N = 250, 500, 1000$); 3) постоянный магнит.

- Загрузите в программу настройки для проведения эксперимента. Для этого нажмите клавишу «F3» (или выберите пункт меню «File / Open»), в появившемся диалоговом окне перейдите в папку «D:\Эксперименты», выберите в ней файл «P3411.labx» и нажмите кнопку «Открыть». После загрузки снова появится окно «CASSYs», на котором будет схематично показан подключенный к компьютеру модуль Sensor CASSY 2, при этом используемый в работе вход модуля будет выделены цветом. Закройте это окно, нажав на кнопку «Close» в его нижней части.
- Подсоедините катушку индуктивности с $N = 250$ витками к Sensor–CASSY 2, как показано на рис. 1).
- Возьмите в руку один из магнитов.
- Начните измерения, нажав на клавишу «F9» компьютера.
- Вставьте наполовину магнит в катушку индуктивности и после небольшой паузы удалите его из катушки.
- Остановите измерения, нажимая на «F9» (или измерения остановятся автоматически через 10 секунд).
- С помощью программы CASSY Lab 2 рассчитайте интегралы $\int \mathcal{E}(t)dt$ при внесении и вынесении магнита из катушки. Для этого:
 - С помощью правой кнопки мыши или аналогичного устройства нажатием на графике вызовите контекстное меню обработки результатов и выберите в нем пункт «Calculate Integral / Area to x-Axis».
 - Нажмите левую кнопку мыши или аналогичного устройства и не отпуская ее выделите на графике область с положительным или отрицательным пиком графика $\mathcal{E}(t)$. Результат интегрирования будет показан внизу экрана.
 - Значение интеграла можно нанести на график нажав комбинацию клавиш «Alt–T», нажав «OK» в возникшем диалоговом окне и выбрав затем место расположения надписи на графике.
- Возьмите в руку оба магнита.
- Начните измерения, нажав на «F9» и подождите немного, чтобы новый график зависимости ЭДС индукции от времени не перекрывался с предыдущим.
- Вставьте наполовину оба магнита одновременно в катушку индуктивности и через короткое время удалите их.
- Остановите измерения, нажимая на «F9» (или измерения остановятся автоматически через 10 секунд).
- Определите интегралы $\int \mathcal{E}(t)dt$, так как описано выше.
- Сохраните полученные результаты измерений. Для этого нужно нажать клавишу «F2» (или выбрать пункт меню «File / Save» в программе CASSY Lab 2), в появившемся диалоговом окне выбрать имя и место для сохранения файла с результатами. Можно также выбрать формат сохраняемого файла — «.labx» (результаты и настройки эксперимента можно будет прочитать программой CASSY Lab 2) или «.txt» (данные сохраняются в текстовый файл).

Измерение ЭДС индукции как функции числа витков катушки индуктивности N

- Удалите старые результаты, нажав на клавишу «F4» компьютера.
- Подсоедините катушку индуктивности с $N = 250$ витками к Sensor-CASSY 2, как показано на рис. 1).
- Возьмите в руку один из магнитов.
- Начните измерения, нажав на клавишу «F9» компьютера.
- Вставьте наполовину магнит в катушку индуктивности и после небольшой паузы удалите его из катушки.
- Остановите измерения, нажимая на «F9» (или измерения остановятся автоматически через 10 секунд).
- Рассчитайте интеграл $\int \mathcal{E}(t)dt$ (только для положительно пика).
- Повторите измерения для катушек индуктивности с числом витков $N = 500$ и $N = 1000$.
- Сохраните полученные результаты измерений.

Обработка результатов

- Для первой части эксперимента сравните значения $\int \mathcal{E}(t)dt$ при вводе и выводе магнита из катушки для одного и двух магнитов. Свяжите результаты вашего эксперимента с законом электромагнитной индукции Фарадея.
- Для второй части эксперимента постройте график зависимости $\int \mathcal{E}(t)dt$ от числа витков N катушки, в которую вводится постоянный магнит. Свяжите результаты вашего эксперимента с законом электромагнитной индукции Фарадея.

Вопросы для подготовки

1. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции.
2. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.
3. Токи Фуко. Самоиндукция. Индуктивность.
4. Токи при замыкании и размыкании цепи.
5. Энергия магнитного поля контура с током. Плотность энергии магнитного поля.