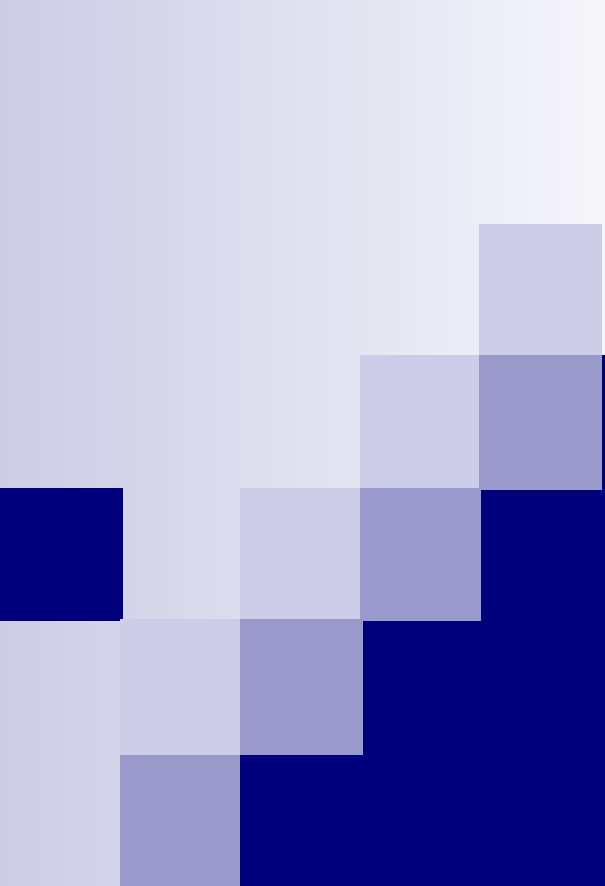


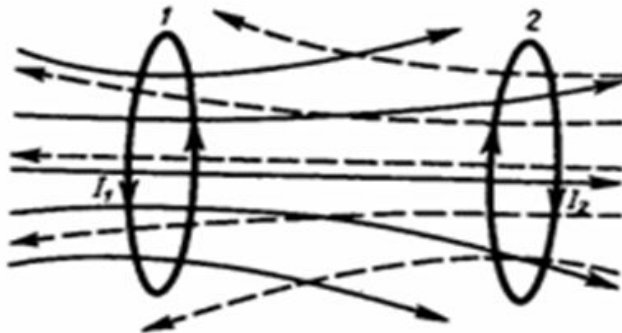


ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

**Лекция «ВЗАИМНАЯ ИНДУКЦИЯ
И ТРАНСФОРМАТОРЫ.
ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.»**

Явление взаимной индукции

Взаимоиндукция (взаимная индукция) - возникновение электродвижущей силы (ЭДС) в одном проводнике вследствие изменения силы тока в другом проводнике или вследствие изменения взаимного расположения проводников.



$$\varepsilon_{i2} = -\frac{d \Phi_{21}}{d t} = -L_{21} \frac{d I_1}{d t} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{i1} = -\frac{d \Phi_{12}}{d t} = -L_{12} \frac{d I_2}{d t} \quad (2)$$

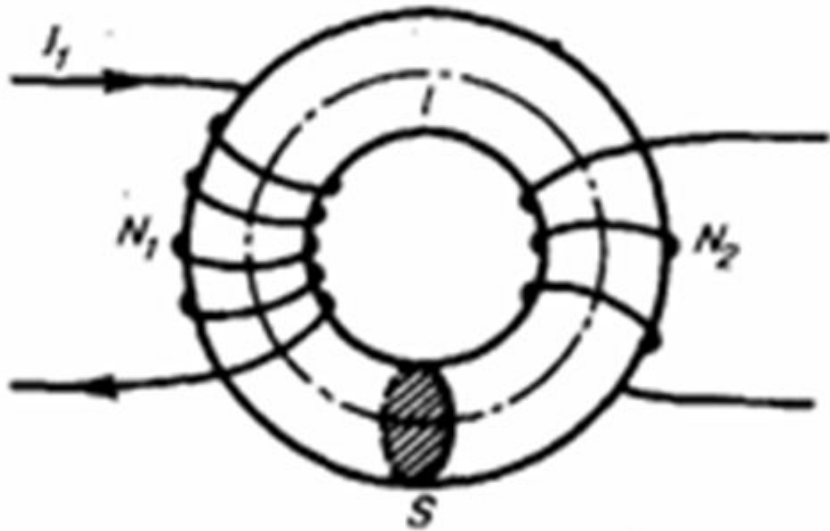
$$L_{12} = L_{21} \quad (3)$$

L_{12} и L_{21} - взаимная индуктивность контуров.

Практическое применение явления взаимной индукции:

- передача энергии из одной электрической цепи в другую,
- преобразование напряжения с помощью трансформатора,
- индуктивный нагрев металла.

Пример расчета взаимной индуктивности



$$B = \mu_0 \mu \frac{N_1 I_1}{l}, \quad (1)$$

$$\Phi_2 = BS = \mu_0 \mu \frac{N_1 I_1}{l} S, \quad (2)$$

Рисунок 1 – Катушки, намотанные
на общий тороидальный
сердечник

$$\Psi = \Phi_2 N_2 = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S I_1, \quad (3)$$

где N_1 – число витков в первой катушке; N_2 – число витков во второй катушке;
 I_1 – ток в первой катушке; S – площадь поперечного сечения тороида,

Расчет взаимной индуктивности

$$L_{21} = \frac{\Psi}{I_1} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S, \quad (4)$$

$$L_{12} = \frac{\Psi}{I_2} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S = L_{21}, \quad (5)$$

где μ_0 - магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн / м}$
 μ - магнитная проницаемость среды

Единица измерения взаимной индуктивности - генри (Гн).

Пример. Определение взаимной индуктивности двух соленоидов

Условие задачи : Два соленоида с индуктивностями L_1 и L_2 соответственно, вставлены друг в друга. Длина и сечение соленоидов практически одинаковые.

Определить взаимную индуктивность

Дано: L_1, L_2 ; $l_1 = l_2$; $S_1 = S_2$.

Найти : L_{12} .

Решение.

1. Взаимная индуктивность :
$$L_{21} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S \quad (1)$$

где N – число витков соленоида, l – его длина, S – площадь сечения,

μ – магнитная проницаемость вещества, из которого сделан сердечник соленоида

2. Индуктивность соленоида равна:
$$L = \mu \mu_0 \frac{N^2 S}{l} \quad (2)$$

Расчет взаимной индуктивности

$$L_1 = \mu\mu_0 \frac{N_1^2 S}{l}, \quad L_2 = \mu\mu_0 \frac{N_2^2 S}{l}, \quad (3)$$

3. Выразим число витков в катушках из (3):

$$N_1 = \sqrt{\frac{L_1 l}{S\mu\mu_0}}, \quad N_2 = \sqrt{\frac{L_2 l}{S\mu\mu_0}}. \quad (4)$$

4. Взаимная индуктивность при подстановке (4) в (1) равна:

$$L_{21} = \mu_0 \mu \frac{S}{l} \sqrt{\frac{L_1 l}{S\mu\mu_0}} \sqrt{\frac{L_2 l}{S\mu\mu_0}} = \sqrt{L_1 L_2} \quad (5)$$

Ответ: $L_{21} = \sqrt{L_1 L_2}$

Трансформатор, принцип действия, области применения

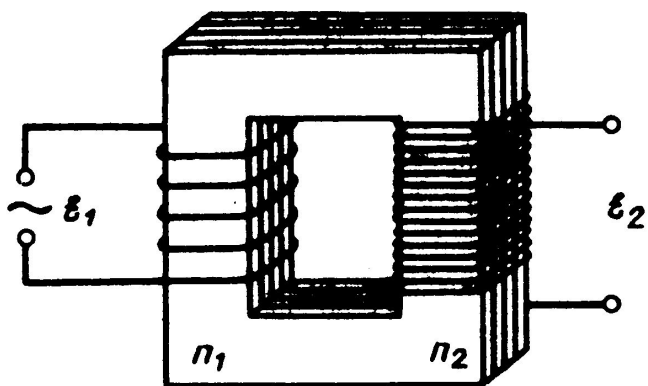


Рисунок 1 – Схема трансформатора

Трансформатор – электрическое устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для повышения или понижения переменного тока посредством электромагнитной индукции.

Автотрансформатор- трансформатор, состоящий из одной обмотки.

Первичная обмотка трансформатора - обмотка, на которую подаётся напряжение от внешнего источника.

Вторичная обмотка трансформатора - обмотка, подключенная к нагрузке.

Коэффициент трансформации

Коэффициент трансформации – это отношение числа витков N_2/N_1 вторичной и первичной обмоток трансформатора.

$$\varepsilon_2 = -\frac{N_2}{N_1} \varepsilon_1, \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = k, \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = k.$$

Повышающий трансформатор- трансформатор с коэффициентом трансформации k больше единицы.
($N_2/N_1 > 1$)

Понижающий трансформатор- трансформатор с коэффициентом трансформации k меньше единицы
($N_2/N_1 < 1$)

Расчет энергии магнитного поля контура

Магнитный поток, сцепленный с контуром :

$$\Phi = L \cdot I, \quad d\Phi = L \cdot dI, \quad (1)$$

Работа по изменению магнитного потока $d\Phi$:

$$dA = Id\Phi = LI dI \quad (2)$$

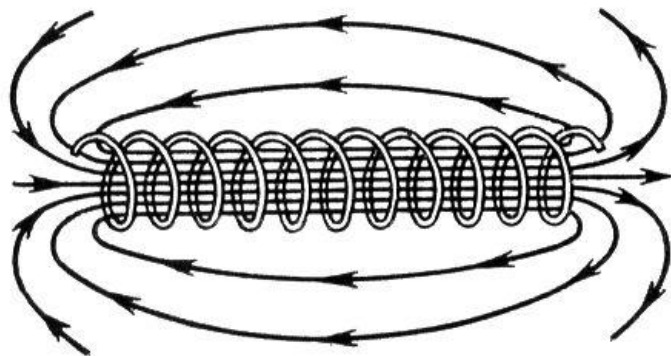
Работа по созданию потока Φ :

$$A = \int_0^I LI dI = \frac{LI^2}{2} \quad (3)$$

Энергия магнитного поля, связанного с контуром:

$$W = \frac{LI^2}{2} \quad (4)$$

Индуктивность соленоида



Соленоид - это однослойная катушка, у которой длина во много раз больше ее диаметра.

Индуктивность соленоида определяется по формуле:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

где N – число витков соленоида; l – длина соленоида;

S – площадь сечения; μ – магнитная проницаемость вещества, из которого сделан сердечник соленоида; μ_0 – магнитная постоянная.

Однородное магнитное поле (МП) внутри соленоида

Полный магнитный поток, сцепленный со всеми витками соленоида
(потокоcцепление):

$$\Psi = \Phi N = NBS = \mu\mu_0 \frac{N^2 I}{l} S = LI \quad (1)$$

$$W = \frac{1}{2} \mu\mu_0 \frac{N^2 I^2}{l} S \quad (2)$$

Так как $I = Bl/(\mu\mu_0 N)$ и, $\overset{\sqcup}{B} = \mu_0 \overset{\sqcup}{\mu} H$ то энергия МП соленоида

$$W = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} V = \frac{BH}{2} V \quad (3)$$

где $V = S \cdot l$ – объем соленоида.

Объемная плотность МП соленоида:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} = \frac{BH}{2}$$



Благодарю за внимание