

Взаимная индуктивность. Явление взаимной индукции.

Рассмотрим теперь два неподвижных замкнутых провода (контура), расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. В пространстве рядом с контурами ферромагнетики отсутствуют. Если в контуре 1 течёт электрический ток I_1 , то он создаёт в окружающем пространстве магнитное поле индукцией

$$\vec{B}_1 = \oint_{\Gamma_1} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I_1 \cdot \frac{[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3} = I_1 \cdot \oint_{\Gamma_1} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$$

$$\Rightarrow B_1 \sim I_1.$$

Силовые линии этого поля пересекают в том числе поверхность, опирающуюся на контур Γ_2 , создавая через неё магнитный поток Φ_{21} пропорциональный току I_1 (помимо потока Φ_1 , обсуждённого в начале параграфа):

$$\Phi_{21} = \int_{S_2} \vec{B}_1 \cdot d\vec{S} = \int_{S_2} I_1 \cdot \vec{b}(\vec{r}) \cdot d\vec{S} = I_1 \cdot \int_{S_2} \vec{b}(\vec{r}) \cdot d\vec{S} \Rightarrow \Phi_{21} \sim I_1.$$

Коэффициент пропорциональности в этой зависимости обозначают L_{21} и называют *взаимной индуктивностью*: $\Phi_{21} = L_{21} I_1$.

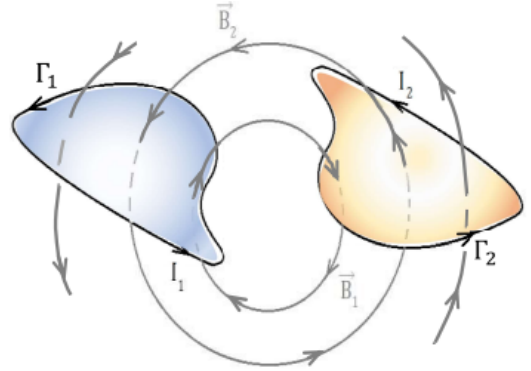
Совершенно так же, если в контуре 2 течёт электрический ток I_2 , он создаёт через контур Γ_1 магнитное поле индукцией

$$\vec{B}_2 = \oint_{\Gamma_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I_2 \cdot \frac{[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3} = I_2 \cdot \oint_{\Gamma_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3} \Rightarrow B_2 \sim I_2$$

И магнитный поток

$$\Phi_{12} = \int_{S_1} \vec{B}_2 \cdot d\vec{S} = \int_{S_1} I_2 \cdot \vec{b}(\vec{r}) \cdot d\vec{S} = I_2 \cdot \int_{S_1} \vec{b}(\vec{r}) \cdot d\vec{S} \Rightarrow \Phi_{12} \sim I_2,$$

$$\Phi_{12} = L_{12} I_2.$$



Коэффициенты *взаимной индуктивности* L_{12} и L_{21} не зависят от токов, а определяются только формой, размерами и взаимным расположением контуров, а также магнитной проницаемостью окружающей среды. Выражаются эти коэффициенты в тех же единицах измерения, что и индуктивность L : $[L_{12}] = [L_{21}] = [L] = \text{Гн}$. Взаимная индуктивность численно равна магнитному потоку сквозь один из контуров, создаваемому единичным током в другом контуре.

Замечательное свойство взаимной индукции, утверждаемое *теоремой взаимности* и подтверждаемое экспериментально, заключается в том, что коэффициенты взаимной индукции L_{12} и L_{21} одинаковы:

$$L_{12} = L_{21}.$$

Наличие магнитной связи между контурами проявляется в том, что при всяком изменении тока в одном из контуров в другом контуре возникает ЭДС индукции. Это явление называют *взаимной индукцией*.

Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС, возникающая во втором контуре вследствие изменения во времени тока в проводе первого контура равна

$$I_1 = I_1(t), \quad \vec{B}_1 = \vec{B}_1(t) \Rightarrow \Phi_{21} = \Phi_{21}(t), \\ \mathcal{E}_{21} = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -\frac{d}{dt}(L_{21} \cdot I_1) = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}.$$

В обратном случае при изменении тока второго контура

$$I_2 = I_2(t), \quad \vec{B}_2 = \vec{B}_2(t) \Rightarrow \Phi_{12} = \Phi_{12}(t), \\ \mathcal{E}_{12} = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} = -\frac{d}{dt}(L_{12} \cdot I_2) = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}.$$

Оба выражения справедливы для ситуаций, когда контуры неподвижны, и рядом с ними отсутствуют ферромагнетики.

