

58 Потокосцепление. Индуктивность. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи.

Потокосцепление $\Psi = N \cdot \Phi$ характеризует связь тока с собственным магнитным полем. Индуктивность характеризует способность тока к созданию магнитного поля и равна отношению потокосцепления к току $L = \Psi / I$. Взаимная индуктивность M характеризует магнитную связь между разными катушками; коэффициент связи показывает её глубину.

Если на прямоугольную рамку намотать N витков из проводника и пропустить по ним ток I , то магнитный поток Φ , созданный этим током, будет пронизывать поверхность, ограниченную контуром рамки, т. е. магнитный поток Φ будет сцеплен с этим контуром.

Произведение числа витков и сцепленного с этими витками магнитного потока называется *потокосцеплением*:

$$\Psi = N \Phi.$$

Потокосцепление, характеризующее связь тока с собственным магнитным полем, называется собственным или потокосцеплением самоиндукции.

Магнитный поток Φ создан электрическим током, следовательно, собственное потокосцепление Ψ катушки прежде всего зависит от тока в катушке. Кроме того, на потокосцепление будут влиять число витков, форма, размеры контура и среда, в которой создается магнитное поле. Для учета этого влияния введено понятие индуктивности катушки (контура):

$$\Psi = L I, \quad (5.5)$$

где L – индуктивность, Гн. (генри)

Из выражения (5.5) видно, что собственная индуктивность катушки, характеризующая связь собственного потокосцепления и тока, численно равна отношению собственного потокосцепления катушки к току в ней:

$$L = \frac{\Psi}{I}. \quad (5.6)$$

В неферромагнитной среде отношение (5.6) для данной катушки (контура) остается неизменным, т. е. не зависит от значений тока и потокосцепления. (индуктивность постоянна)

В практических расчетах индуктивность часто выражается в долях генри: миллигенри (мГн) или микрогенри (мкГн).

$$1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}; \quad 1 \text{ мкГн} = 10^{-6} \text{ Гн}.$$

5.8. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи

Рассмотрим магнитную связь двух катушек (контуров), удаленных друг от друга на некоторое расстояние (рис. 5.6).

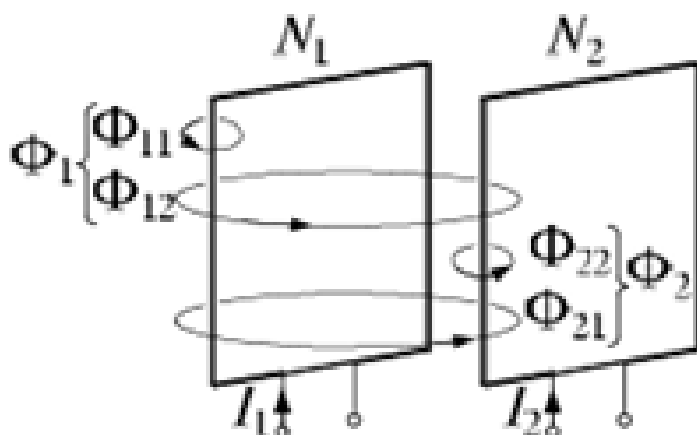


Рис. 5.6. Магнитная связь между катушками

В первой катушке с числом витков N_1 протекает ток I_1 , во второй с числом витков N_2 – ток I_2 .

Поток Φ_1 , создаваемый током I_1 , частично замыкается, минуя второй контур (Φ_{11}), частично проходит через него (Φ_{12}). Для удобства на рисунке 5.6 изображено только по одной линии магнитной индукции каждого из потоков.

В свою очередь поток Φ_2 , созданный током I_2 , частично замыкается, минуя первый контур (Φ_{22}), частично проходит через него (Φ_{21}).

Собственное потокоцепление первой катушки

$$\Psi_1 = \Phi_1 N_1 = L_1 I_1.$$

Взаимное потокоцепление первой катушки

$$\Psi_{21} = \Phi_{21} N_1.$$

Взаимное потокоцепление первой катушки можно записать пропорционально току I_2 , создающему поток Φ_{21} :

$$\Psi_{21} = M I_2. \quad (5.7)$$

Собственное потокоцепление второй катушки

$$\Psi_2 = \Phi_2 N_2 = L_2 I_2.$$

Взаимное потокоцепление второй катушки

$$\Psi_{12} = \Phi_{12} N_2.$$

Взаимное потокоцепление второй катушки пропорционально току I_1 , создающему поток Φ_{12} :

$$\Psi_{12} = M I_1. \quad (5.8)$$

Коэффициент M называют взаимной индуктивностью контуров (катушек). Он зависит от размеров и формы контуров, от их взаимного расположения, числа витков и от магнитных свойств среды. Взаимная индуктивность измеряется в генри (Гн).

Из выражений (5.7) и (5.8) видно, что взаимная индуктивность двух катушек (контуров) численно равна отношению взаимного потокоцепления одной катушки к току в другой катушке:

$$M = \frac{\Psi_{21}}{I_2} = \frac{\Psi_{12}}{I_1}.$$

Под коэффициентом связи K двух магнитно-связанных контуров с индуктивностями L_1 , L_2 и взаимной индуктивностью M понимают отношение M к $\sqrt{L_1 L_2}$:

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

Коэффициент связи теоретически может изменяться от 0 до 1.

Коэффициент связи $K = 1$, если весь поток, создаваемый первым контуром, будет сцепляться со вторым. Практически такого достигнуть сложно, поэтому всегда $K < 1$.

В системе магнитно-связанных контуров (катушек) различают согласное и встречное включение.

В общем случае полное потокоцепление первой катушки

$$\Psi_{1\text{полн}} = (\Phi_1 \pm \Phi_{21}) N_1 = \Psi_1 \pm \Psi_{21}. \quad (5.9)$$

Полное потокосцепление второй катушки

$$\Psi_{2\text{полн}} = (\Phi_2 \pm \Phi_{12})N_2 = \Psi_2 \pm \Psi_{12} \quad (5.10)$$

Знак «+» в выражениях (5.9) и (5.10) следует ставить в том случае, если взаимный поток будет направлен согласно с собственным потоком, создаваемым током данного контура. При несогласном (встречном) направлении следует ставить знак «-».

Изменяя направление тока или направление намотки одной из катушек, получают согласное или встречное включение.

При встречном включении катушек можно добиться такого положения, когда потоки обеих катушек, определенные порознь, равны, а результирующий поток равен нулю.

Если требуется получить катушку практически без индуктивности, можно применить бифилярную обмотку, которая выполняется проводом, сложенным вдвое.

Магнитный поток, а следовательно, и индуктивность бифилярно намотанной катушки практически равны нулю, так как каждый виток ее состоит из двух проводников с противоположным направлением тока (рис. 5.7).

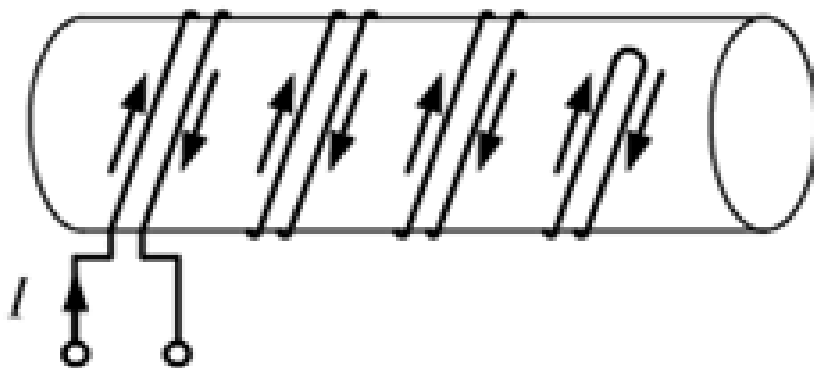


Рис. 5.7. Катушка с бифилярной обмоткой