

34. Последовательное включение индуктивно-связанных катушек.

Пусть две катушки, обладающие сопротивлениями R_1 и R_2 , индуктивностями L_1 и L_2 и взаимной индуктивностью M , соединены последовательно.

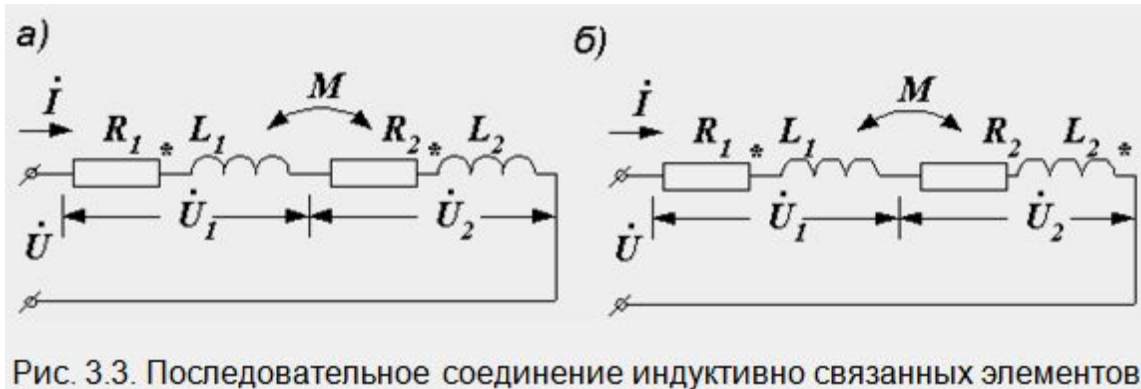


Рис. 3.3. Последовательное соединение индуктивно связанных элементов

Возможны два вида их соединения – согласное и встречное. Если считать, что звездочками отмечены начала обмоток, то при согласном включении начало второй подключается к концу первой (рис. 3.3, а). Токи в обеих катушках направлены одинаково относительно одноименных зажимов: от начала к концу. При встречном включении катушек конец второй присоединяется к концу первой (рис. 3.3, б).

Напряжение на каждой из катушек содержит три составляющих: падение напряжения на активном сопротивлении, напряжение самоиндукции и напряжение взаимной индукции:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{I} R_1 + \dot{I} j\omega L_1 \pm \dot{I} j\omega M \\ \dot{U}_2 &= \dot{I} R_2 + \dot{I} j\omega L_2 \pm \dot{I} j\omega M \end{aligned} \right\} \quad (30.1)$$

Последние имеют одинаковые знаки при согласном включении и разные при встречном. Напряжение на входе цепи равно сумме этих двух напряжений:

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2. \quad (30.2)$$

Входное комплексное сопротивление цепи получим из совместного рассмотрения трех последних уравнений:

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{\dot{U}_1 + \dot{U}_2}{\dot{I}} = Z_1 + Z_2 \pm 2Z_M$$

где Z_1 и Z_2 – комплексные сопротивления катушек, а Z_M – комплексное сопротивление взаимной индукции:

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1,$$

$$Z_2 = R_2 + j\omega L_2,$$

$$Z_M = j\omega M = jx_M$$

Из формулы выше вытекают формулы, определяющие общую индуктивность цепи и суммарное индуктивное сопротивление:

$$L = L_1 + L_2 \pm 2M, \quad x = x_1 + x_2 \pm 2x_M,$$

$$\text{причем } x_{\text{согл}} = x_1 + x_2 + 2x_M, \quad x_{\text{встр}} = x_1 + x_2 - 2x_M$$

$$\text{т.е. } x_{\text{согл}} > x_{\text{встр}}.$$

Можно определить результирующее индуктивное сопротивление каждой катушки. У первой оно равно $X_1 + X_M$. И здесь при согласном включении оно больше чем при встречном. Физически это объясняется тем, что в первом случае магнитный поток, охватывающий каждую катушку, больше чем во втором; например, для первой катушки $\Phi_{\text{согл}} = \Phi_1 + \Phi_{21}$, а $\Phi_{\text{встр}} = \Phi_1 - \Phi_{21}$. Вследствие этого ЭДС электромагнитной индукции, оказывающая току индуктивное сопротивление, при согласном включении больше, чем при встречном.