

# ИНДУКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

**В. МОЖАЕВ**

**П**РИ ПРОТЕКАНИИ ТОКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОМОИМО электрического поля (в проводящих элементах цепи) возникает и магнитное поле, вызванное упорядоченным движением свободных зарядов. Величина, характеризующая магнитные свойства электрической цепи, называется индуктивностью. Ток, текущий в проводящем контуре, создает в окружающем пространстве магнитное поле. Магнитный поток, пронизывающий этот контур, прямо пропорционален току:  $\Phi = LI$ . Коэффициент пропорциональности  $L$  и называют индуктивностью, или коэффициентом самоиндукции контура. Индуктивность зависит от размеров и формы контура, а также от магнитной проницаемости окружающей среды.

Индуктивность соединительных проводов электрической цепи обычно мала (ее часто называют паразитной индуктивностью). Специальные элементы с большой индуктивностью называют катушками индуктивности. Как правило, катушка индуктивности представляет собой достаточно большое количество витков изолированного провода, намотанного на цилиндрический или тороидальный каркас. Для увеличения индуктивности каркасы заменяют магнитными сердечниками в виде цилиндров или торов.

Индуктивность  $L$  катушки индуктивности, через которую протекает ток  $I$ , напрямую связана с энергией  $W_m$  магнитного поля этого тока:

$$W_m = \frac{LI^2}{2}.$$

Если провести аналогию с механическими явлениями, то магнитную энергию можно сопоставить кинетической энергии тела

$$W_k = \frac{mv^2}{2},$$

где  $m$  – масса тела,  $v$  – его скорость. При этом индуктивность будет играть роль массы, а ток – скорости. Поэтому понятно, что индуктивность определяет инерционные свойства тока.

А теперь перейдем к разбору конкретных задач, в которых присутствует индуктивность.

**Задача 1.** В электрической схеме, параметры которой указаны на рисунке 1, в начальный момент ключи  $K_1$  и  $K_2$  разомкнуты. Сначала замыкают ключ  $K_1$ , а когда напряжение на конденсаторе достигнет значения  $U_0 = E/2$ , замыкают ключ  $K_2$ . Определите напряжение на катушке индуктивности

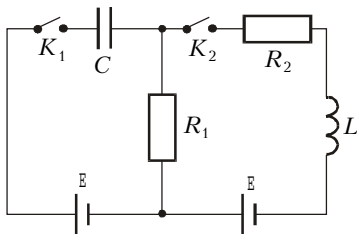


Рис. 1

сразу после замыкания ключа  $K_2$  и напряжение на конденсаторе в установившемся режиме. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

Сначала рассмотрим, что будет происходить в левой части схемы после замыкания ключа  $K_1$ . Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе останется равным нулю, и в цепи потечет ток  $I_0 = E/R_1$  – это следует из закона Ома для замкнутой цепи. Затем напряжение на конденсаторе будет расти, а ток в цепи будет падать. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе достигнет значения  $U_0$ , напряжение на резисторе сопротивлением  $R_1$  будет равно

$$U_1 = E - U_0 = \frac{E}{2}$$

(сверху будет «+», а снизу «-»). В этот момент мы замыкаем ключ  $K_2$ . При этом возникает замкнутая цепь, которая содержит индуктивность  $L$ . Сразу после замыкания ключа  $K_2$  ток через резистор сопротивлением  $R_2$ , катушку индуктивности и батарею (правая часть схемы) будет равен нулю, а напряжение на резисторе сопротивлением  $R_1$  останется неизменным. Отсутствие этого начального тока связано с инерционностью катушки индуктивности – появление небольшого тока в катушке приводит к возникновению в ее обмотке ЭДС индукции, которая по правилу Ленца «направлена» против этого тока и таким образом регулирует его постепенное нарастание. По закону Ома для правой части схемы можно записать

$$E = U_L - U_1.$$

Отсюда находим напряжение на катушке индуктивности сразу после замыкания ключа  $K_2$ :

$$U_L = E + U_1 = \frac{3}{2}E.$$

В установившемся режиме в правой части схемы будет течь постоянный ток (направленный по часовой стрелке)

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2},$$

и на резисторе сопротивлением  $R_1$  установится напряжение

$$U_{1уст} = IR_1 = \frac{R_1 E}{R_1 + R_2}$$

(в этом случае «+» снизу, а «-» сверху). По закону Ома для левого контура можно записать

$$E = U_C - U_{1уст}.$$

Отсюда получаем установившееся напряжение на конденсаторе:

$$U_C = E + U_{1уст} = \frac{(2R_1 + R_2)E}{R_1 + R_2}.$$

**Задача 2.** В схеме, изображенной на рисунке 2, катушки с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  закорочены через идеальный диод  $D$ . В начальный момент ключ  $K$  разомкнут, а конденсатор емкостью  $C$  заряжен до напряжения  $U_0$ . Через некоторое время после замыкания ключа напряжение на конденсаторе становится равным нулю. Найдите ток через катушку индуктивностью  $L_1$  в этот момент времени. Затем конденсатор перезаряжает

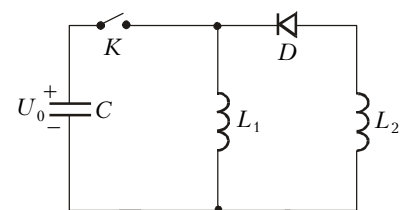


Рис. 2