

1.4. СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В КОНТУРЕ

Колебательные контуры представляют собой устройства, состоящие из электрически соединенных катушек индуктивности и конденсаторов, и служат для получения электрических колебаний. Различают свободные и вынужденные электрические колебания.

Рассмотрим процессы, происходящие в колебательном контуре, состоящем из конденсатора C и подключенной к нему катушки индуктивности L (рис. 1.9). Когда пере-



ключатель S находится в положении 1, конденсатор заряжается до напряжения источника GB . Если после этого в момент $t = 0$ ключ перевести в положение 2, то конденсатор начнет разряжаться через катушку и в контуре потечет ток. Резкому нарастанию тока препятствует ЭДС самоиндукции катушки, имеющая наибольшее значение в момент ее подключения к конденсатору. По мере разрядки конденсатора ЭДС самоиндукции уменьшается, ток через катушку увеличивается, а напряжение на конденсаторе u_c уменьшается (рис. 1.10).

В момент времени $t = t_1$ конденсатор полностью разрядится ($u_c = 0$), а ток достигнет максимального значения I_m . Прекращению тока в цепи при $u_c = 0$ препятствует ЭДС самоиндукции катушки, и он уменьшается постепенно, не изменяя своего направления. Этим током снова начинает заряжаться конденсатор, но знаки зарядов на его обкладках будут противоположными первоначальным. К моменту $t = t_2$ ток уменьшается до нуля, а напряжение на конденсаторе достигает максимального значения, но противоположной полярности.

С момента времени $t = t_2$ конденсатор снова начнет разряжаться через катушку. В контуре возникнет и будет

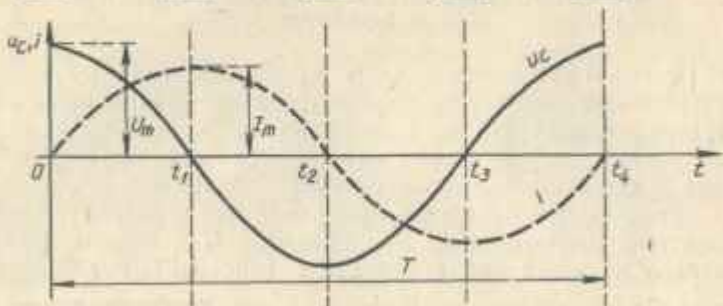
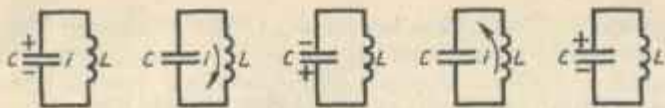


Рис. 1.10. Графики напряжения и тока при свободных колебаниях в контуре

нарастать ток, протекающий теперь в обратном направлении. В момент $t = t_3$ этот ток достигнет максимального значения, а напряжение на конденсаторе уменьшится до нуля. Затем ток начнет уменьшаться и, протекая через конденсатор, к моменту времени $t = t_4$ перезарядит его до максимального напряжения, полярность которого совпадает с первоначальной.

Далее описанные процессы повторяются.

Периодические изменения тока в контуре и напряжения на его элементах, происходящие благодаря начальной зарядке конденсатора, называют свободными электрическими колебаниями. Они вызваны периодическим переходом потенциальной энергии электрического поля конденсатора в кинетическую энергию магнитного поля катушки.

По форме свободные электрические колебания в контуре являются синусоидальными, или гармоническими. Они характеризуются амплитудой U_m и периодом T или частотой $f_0 = 1/T$.

Для тока свободных колебаний элементы L и C включены параллельно, поэтому напряжения на них равны: $iX_L = iX_C$. Из этого следует $X_L = X_C$, или $2\pi f_0 L = 1/(2\pi f_0 C)$. Последнее равенство позволяет определить частоту собственных колебаний:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1.1)$$

Индуктивное X_L или емкостное X_C сопротивление элементов контура на частоте собственных колебаний называют *характеристическим* или *волновым сопротивлением* контура и обозначают греческой буквой ρ :

$$\rho = 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}.$$

Подставив в это равенство значение f_0 , определяемое выражением (1.1), получим

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}. \quad (1.2)$$

Если бы при периодической перезарядке конденсатора не было потери энергии, то свободные колебания в контуре длились бы бесконечно долго, т. е. являлись бы *незатухающими*. Однако часть энергии теряется на нагрев провода катушки, вводимых в нее сердечников, на вихревые токи, токи утечки, излучение контуром электромагнитных волн. Поэтому амплитуда электрических колебаний в контуре уменьшается от периода к периоду, и с течением времени свободные колебания в контуре прекращаются.

Такие электрические колебания называются *затухающими*. Затухающие колебания оценивают *затуханием* контура d , представляющим собой отношение активного сопротивления R контура к характеристическому, т. е.

$$d = \frac{R}{\rho} = R \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R}{2\pi f_0 L} = 2\pi f_0 RC.$$

На практике для оценки качества контура вместо затухания обычно применяется обратная величина Q , называемая *добротностью* контура:

$$Q = \frac{1}{d} = \frac{\rho}{R} = \frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}}. \quad (1.3)$$