Емкостный элемент представляет собой идеальный конденсатор, между обкладками которого содержится идеальный диэлектрик, т. е. диэлектрик, в котором отсутствует ток проводимости и, следовательно, не существует тепловых потерь. К зажимам электрической цепи, содержащей емкостный элемент (рис. 7, а), приложено синусоидальное напряжение

$$U_c = U_m \sin \omega t \qquad (7.1)$$

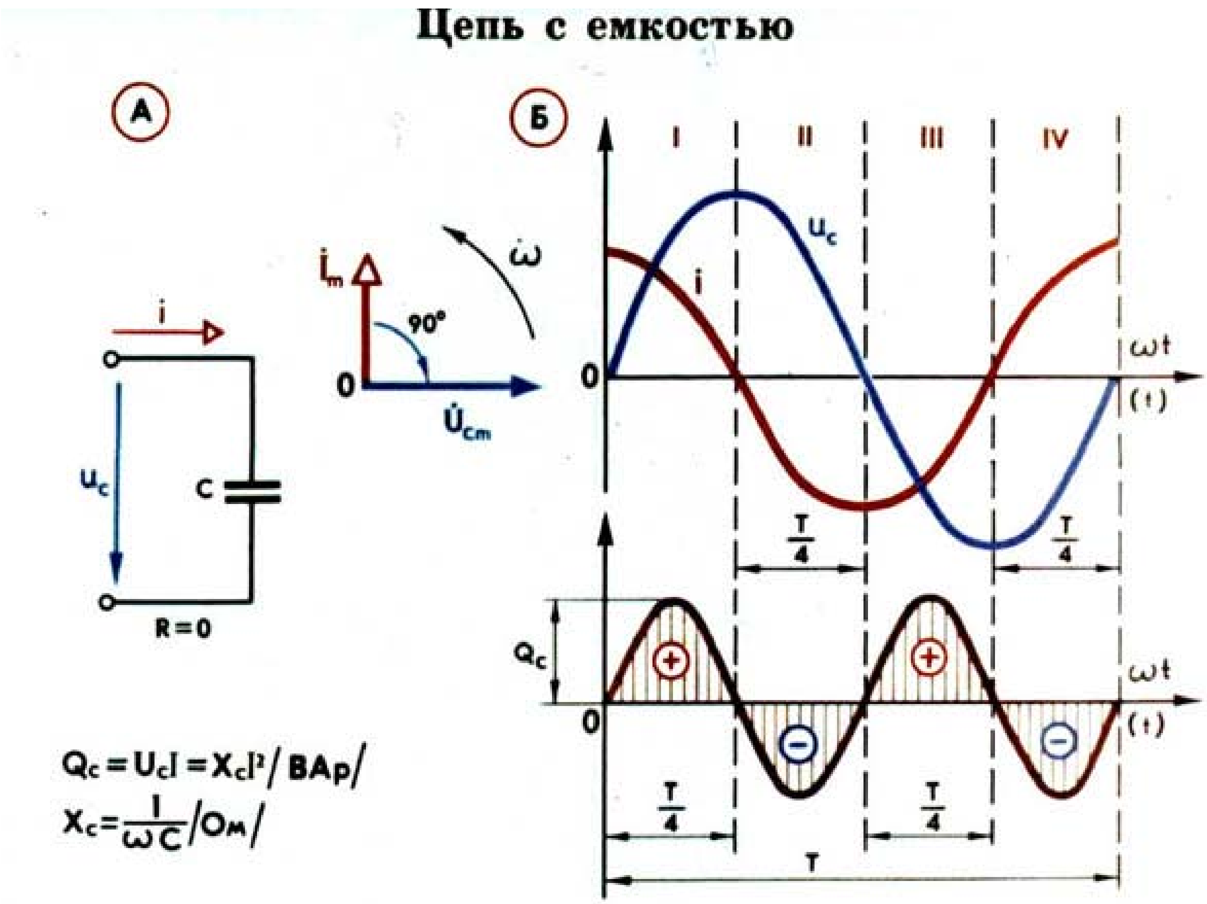

Рис. 7.

Ток в такой цепи есть движение зарядов к обкладкам конденсатора

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ так как заряд емкости } q = CU_c \text{ то } i = C\frac{dU_c}{dt} \qquad (7.2)$$

Подставив в уравнение (7.2) выражение (7.1) получим:

$$i = \omega CU_{cm} \cos \omega t = \omega CU_{cm} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \qquad (7.3)$$

Из выражения 7.3. следует, что если ток через емкость синусоидальный, то и напряжение изменяется по синусоидальному закону, причем ток опережает по фазе напряжение на угол 90^0, что видно из векторной диаграммы (рис.7,а) и графика мгновенных значений тока и напряжения (рис. 7,б).

Амплитуда тока в цепи с емкостью

$$I_m = \omega CU_{cm}$$

Действующее значение тока (закон Ома цепи с емкостью) имеет вид

$$I = \omega C U_c = \frac{U_c}{1/(\omega C)} = \frac{U_c}{X_c} \qquad (7.4)$$

где $X_C = 1/(\omega C) = 1/2\pi f$ реактивное сопротивление емкости, или просто емкостное сопротивление, которое учитывает реакцию электрической цепи на изменение электрического поля в конденсаторе, причем значение этого сопротивления обратно пропорционально частоте.

Мгновенная мощность p в цепи с емкостным элементом

$$p_C = u_C \cdot i = I_m \cdot U_{cm} \sin \omega t \cdot \cos \omega t = \frac{I_m \cdot U_{cm}}{2} \sin(2\omega t) = I \cdot U \sin(2\omega t) \qquad (7.5)$$

Из выражения (7.5,) следует, что мгновенная мощность изменяется по синусоидальному закону с удвоенной частотой по сравнению с током.

Среднее значение мощности за период для цепи с идеальным конденсатором, как видно из графика рис. 7,б, равно нулю:

$$P_{cp} = \frac{1}{T}\int_0^T I \cdot U \cdot \sin(2\omega t) dt = 0$$

Рассмотрим, как протекают процессы в цепи с емкостным элементом. Из рис. 7,б видно, что в первую четверть периода напряжение на конденсаторе возрастает, ток положителен — происходит зарядка конденсатора, т. е. накопление энергии в электрическом поле конденсатора за счет электрической энергии сети, поступающей к конденсатору. Накопленная в конденсаторе за первую четверть периода энергия электрического поля равна $W_c = \frac{CU_c^2}{2}$. В течение второй четверти периода напряжение на конденсаторе убывает, ток и мощность отрицательны — происходит разрядка конденсатора и энергия электрического поля отдается в сеть. Следовательно, в цепи с идеальным конденсатором происходит непрерывный периодический процесс обмена энергией между конденсатором и сетью, причем процесс идет без потерь энергии.

Амплитуду колебания мощности в цепи с емкостью называют реактивной емкостной мощностью:

$$Q_C = U_C I = I^2 X_C \qquad (7.6)$$

Реактивную емкостную мощность выражают в вольт-амперах реактивных (ВАр).

Выразим емкостное сопротивление в символической форме:

$\dot{U} = Ue^{j\omega t}$, $\dot{I} = \omega C U e^{j(\omega t + \frac{\pi}{2})}$. По закону Ома

$X_C = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{Ue^{j\omega t}}{\omega C U e^{j(\omega t + \frac{\pi}{2})}} = \frac{1}{\omega C} e^{j(-\frac{\pi}{2})}$, учитывая, что $e^{j(-\frac{\pi}{2})} = -j$ получим

$$X_C = -j\frac{1}{\omega C} \qquad (7.7)$$