

Конденсатор в цепи переменного тока

Ёлектроёмкость

физическая величина, равная отношению заряда проводника к разности потенциалов между этим проводником и соседним

Обозначение: С

Единица измерения: Ф

$$[C] = \text{Кл}/\text{В} = \text{Ф}$$

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$$

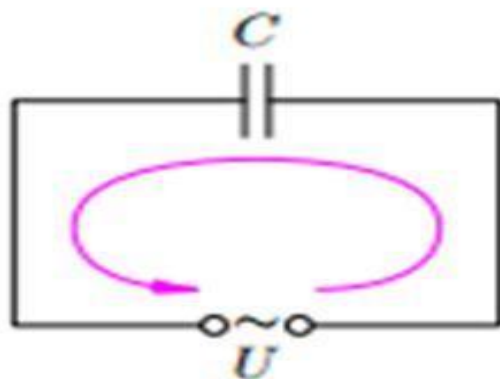
$$1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$$



MyShared

Простейшие цепи переменного тока



Цепь с емкостью

К источнику переменного напряжения

$$U = U_0 \sin \omega t.$$

подключается конденсатор C

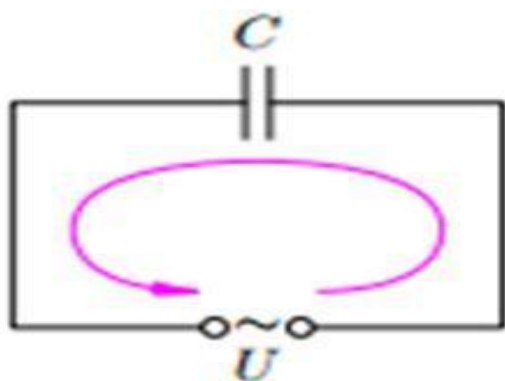
Положительное направление обхода цепи снова выбираем против часовой стрелки

Постоянный ток через конденсатор не течет – для постоянного тока конденсатор является разрывом цепи.

Протекание переменного тока через конденсатор обеспечивается периодическим изменением заряда на его пластинах.



Простейшие цепи переменного тока



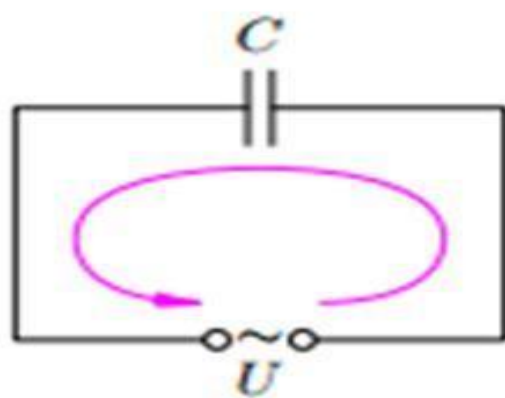
Цепь с емкостью

обозначим через q заряд той пластины конденсатора, на которую течет положительный ток – в данном случае это будет правая пластина. Тогда знак величины q совпадает со знаком напряжения U .

Также при таком согласовании знака заряда и направления тока будет выполнено равенство:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Простейшие цепи переменного тока



Цепь с емкостью

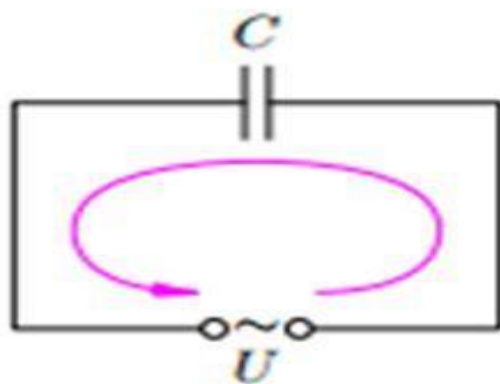
Напряжение на конденсаторе равно напряжению источника:

$$\frac{q}{C} = U = U_0 \sin \omega t.$$

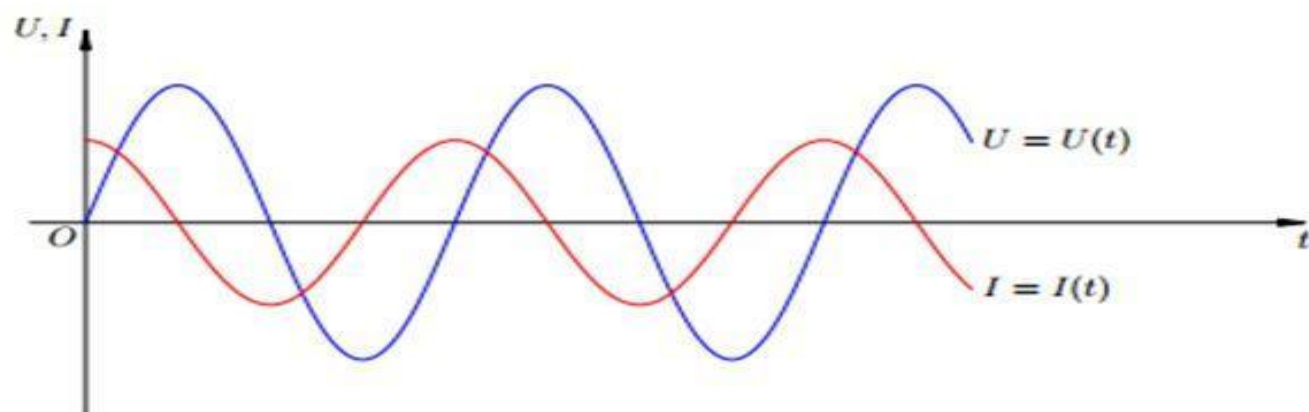
$$q = CU_0 \sin \omega t.$$

$$I = \frac{dq}{dt} = CU_0 \omega \cos \omega t.$$

Простейшие цепи переменного тока



Цепь с емкостью



Ток через конденсатор опережает по фазе напряжение на $\pi/2$

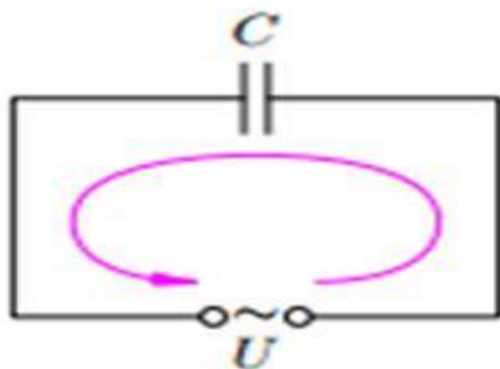
$$I = \frac{dq}{dt} = C \cdot U_0 \cdot \omega \cdot \cos \omega t = C \cdot U_0 \cdot \omega \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{так как} \quad \cos \omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$U = U_0 \cdot \sin \omega t$$

$$I = C \cdot U_0 \cdot \omega \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$



Простейшие цепи переменного тока



Цепь с емкостью

Для амплитуды силы тока получаем:

$$I_0 = CU_0\omega = \frac{U_0}{1/(\omega C)}.$$

Получается, что амплитуда силы тока связана с амплитудой напряжения соотношением, аналогичным закону Ома:

$$I_0 = \frac{U_0}{X_C},$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}.$$

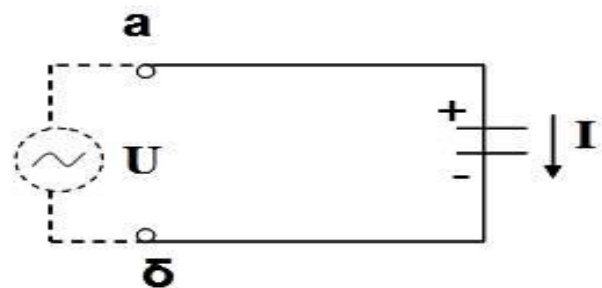
- емкостное сопротивление конденсатора. Чем оно больше, тем меньше амплитуда тока, протекающего через конденсатор, и наоборот.

Конденсатор в цепи переменного тока

Рассмотрим процессы, протекающие в электрической цепи переменного тока с конденсатором.

Пусть напряжение подано на емкость. Индуктивностью цепи и сопротивлением проводов пренебрегаем, поэтому напряжение на конденсаторе можно считать равным внешнему напряжению.

$\varphi_A - \varphi_B = U = q/C$, но $I = dq/dt$,



следовательно, $q = \int I \cdot dt$

ток меняется по закону, $I = I_0 \cdot \sin \omega t$

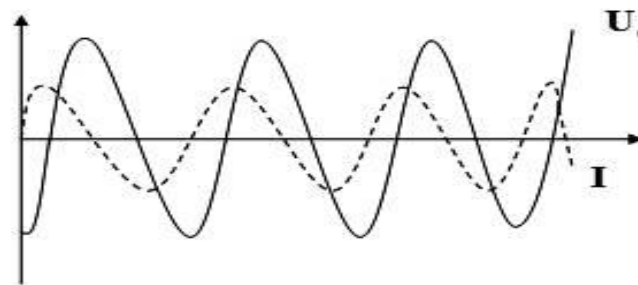
откуда

$$q = \int I_0 \cdot \sin \omega t \cdot dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t + q_0$$

Постоянная интегрирования q_0 обозначает произвольный заряд, не связанный с колебаниями тока, поэтому можно считать $q_0 = 0$.

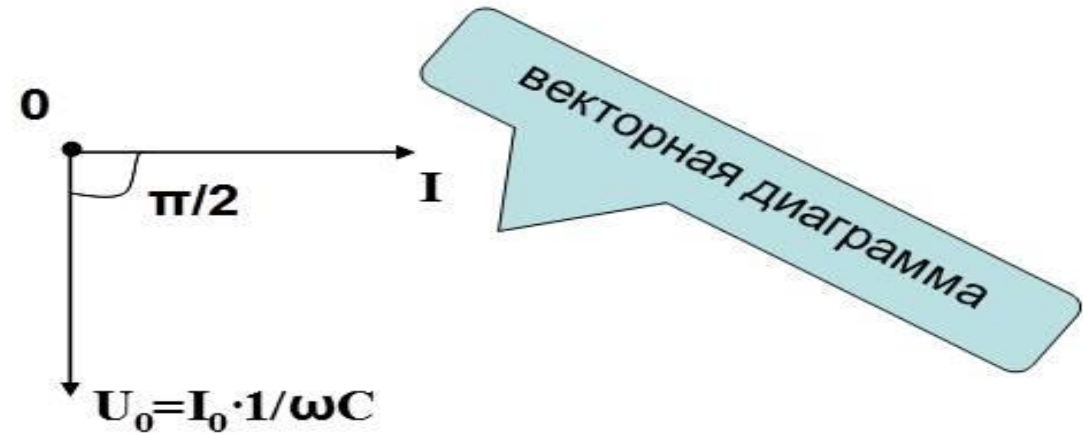
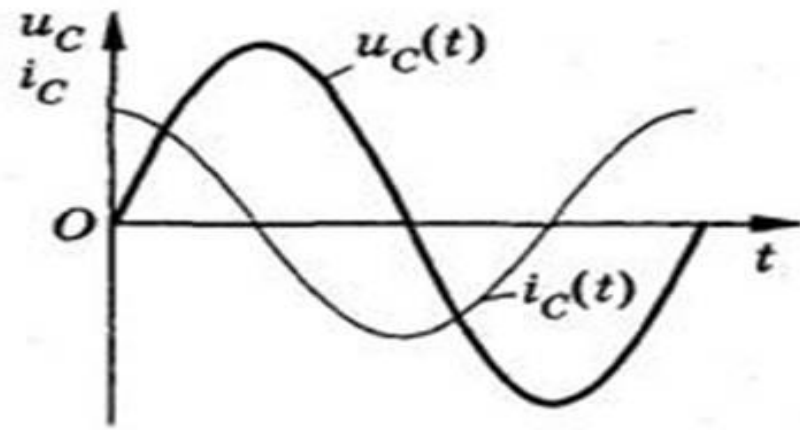
Тогда

$$U = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t = -\frac{I_0}{\omega C} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) = \frac{I_0}{\omega C} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$



Следовательно, колебания напряжения на обкладках конденсатора в цепи переменного тока отстают по фазе от колебаний силы тока на $\pi/2$ (или колебания силы тока опережают по фазе колебания напряжения на $\pi/2$). Это означает, что в момент, когда конденсатор начинает заряжаться, сила тока максимальна, а напряжение равно нулю. После того как напряжение достигает максимума, сила тока становится равной нулю и т.д.

Физический смысл этого заключается в следующем: чтобы возникло напряжение на конденсаторе, на него должен натечь заряд за счет протекания тока в цепи. Отсюда происходит отставание напряжения от силы тока.



Отношение амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе к амплитуде колебаний силы тока называют емкостным сопротивлением конденсатора (обозначается X_C):

$$U_0 = I_0 \frac{1}{\omega C}$$

а по закону Ома $U = I \cdot R$

Величина

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

играет роль сопротивления участка цепи

Она называется кажущимся сопротивлением емкости (**емкостное сопротивление**).