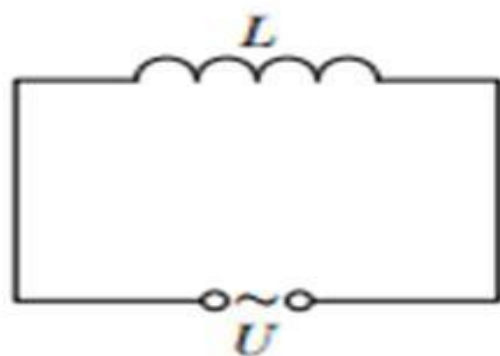


Катушка индуктивности в цепи переменного тока

Простейшие цепи переменного тока



Цепь с индуктивностью

К источнику переменного напряжения

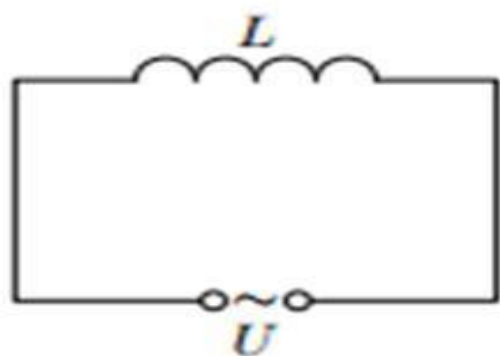
$$U = U_0 \sin \omega t.$$

подключается катушка индуктивности L

активное сопротивление катушки равно нулю ($R = 0$)

Через катушку не течет из-за этого бесконечный ток, потому что она оказывает переменному току сопротивление иного рода

Простейшие цепи переменного тока



Цепь с индуктивностью

Магнитное поле тока, меняющееся во времени, порождает в катушке вихревое электрическое поле $E_{\text{вихр}}$, которое, оказывается, в точности уравновешивает кулоновское поле E движущихся зарядов:

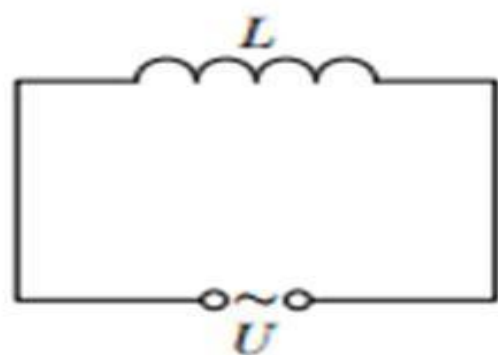
$$\vec{E} + \vec{E}_{\text{вихр}} = \vec{0}.$$

Работа сил кулоновского поля по перемещению единичного положительного электрического заряда по внешней цепи в положительном направлении – это напряжение U .

Аналогичная работа вихревого поля – это ЭДС индукции \mathcal{E}_i :

$$U + \mathcal{E}_i = 0.$$

Простейшие цепи переменного тока



$$U + \mathcal{E}_i = 0.$$



$$U - L \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$



$$\frac{dI}{dt} = \frac{U}{L} = \frac{U_0}{L} \cdot \sin \omega t$$



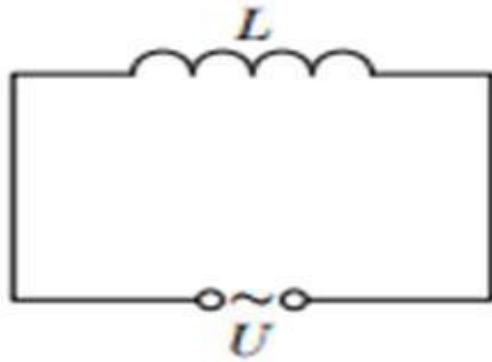
$$I = -\frac{U_0}{\omega \cdot L} \cdot \cos \omega t$$

Цепь с индуктивностью

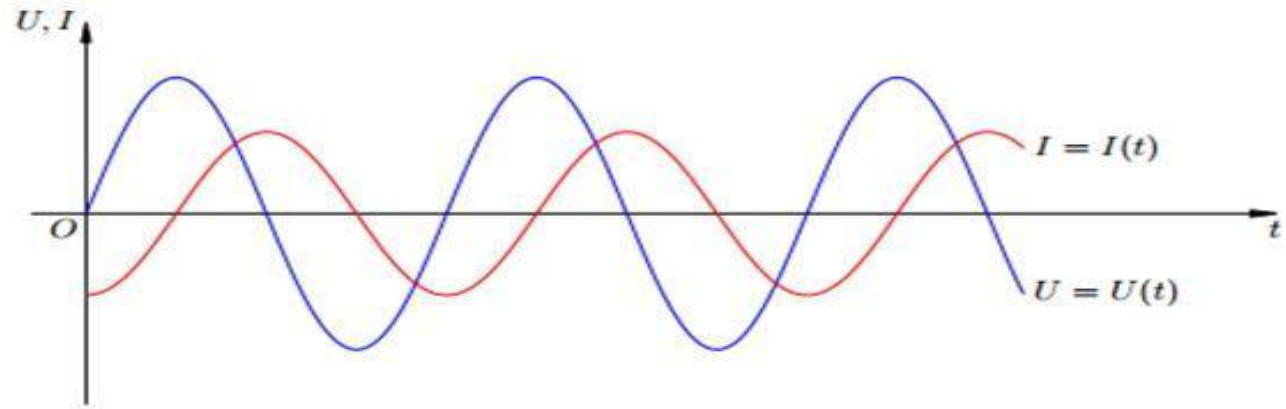
С учетом закона электромагнитной индукции Фарадея, получим:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(L \cdot I)}{dt} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

Простейшие цепи переменного тока



Цепь с индуктивностью



Ток через катушку отстает по фазе от напряжения на $\pi/2$

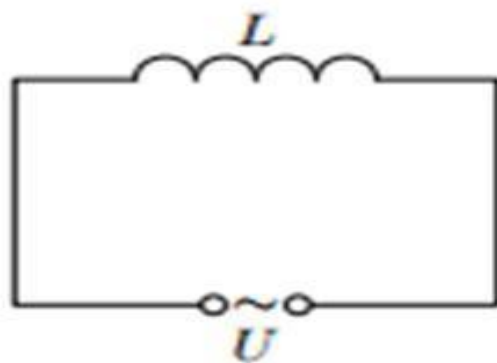
$$I = -\frac{U_0}{\omega \cdot L} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{так как} \quad \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -\cos\omega t$$

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

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



Простейшие цепи переменного тока



Цепь с индуктивностью

Амплитуда силы тока через катушку равна

$$I_0 = \frac{U_0}{\omega L}.$$

Получается формула, аналогичная закону Ома:

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

$$X_L = \omega L.$$

- индуктивное сопротивление катушки. Это и есть сопротивление, которое катушка оказывает переменному току при нулевом активном сопротивлении

Простейшие цепи переменного тока

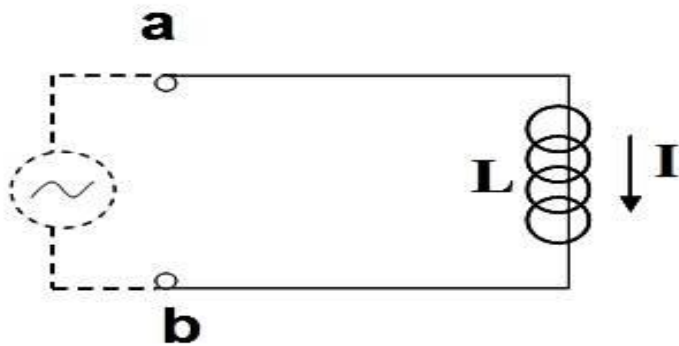
ВЫВОД

Закону Ома подчиняются лишь амплитудные, но не мгновенные значения тока и напряжения!!!

Индуктивность в цепи переменного тока

Пусть напряжение подается на концы катушки с индуктивностью L с пренебрежимо малым сопротивлением и емкостью.

Индуктивность контура с током – это коэффициент пропорциональности между протекающим по контуру током и возникающем при этом магнитным потоком. Индуктивность L зависит от формы и размеров контура, а также свойств среды
 $\Phi = L \cdot I$.



При наличии переменного тока в катушке индуктивности возникнет ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_s

Уравнение закона Ома запишется следующим образом:

$$U = I \cdot R - \mathcal{E}_s = 0$$

$$\Phi = L \cdot I$$

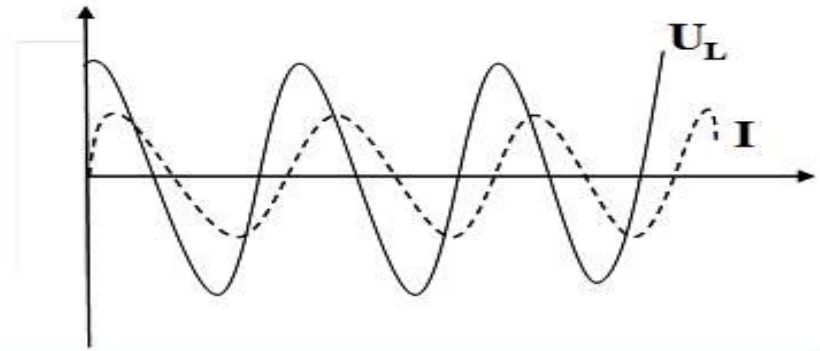
$$\mathcal{E}_s = - \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

тогда

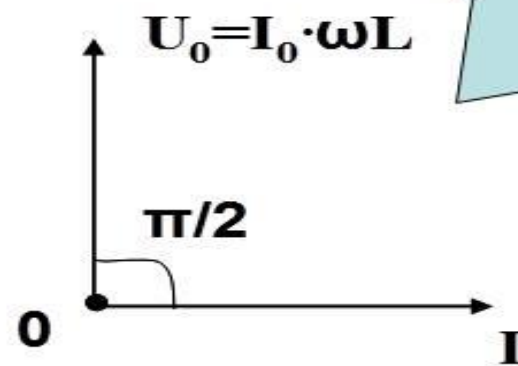
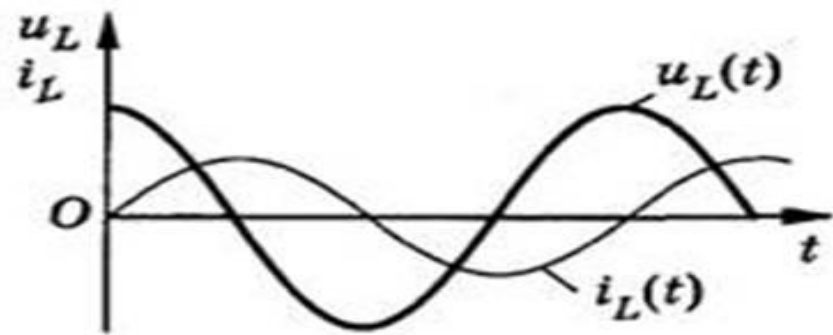
$$U = L \frac{dI}{dt} = L \frac{d}{dt} [I_0 \sin \omega t] = I_0 \omega L \cos \omega t = I_0 \omega L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Таким образом, колебания напряжения на индуктивности опережают колебания тока на $\pi/2$.

$$\mathcal{E}_s = - \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$



Физический смысл того, что $\Delta\phi < 0$ следующая: если активное сопротивление $R=0$, то все внешнее напряжение в точности уравновешивает ЭДС самоиндукции $U = - \mathcal{E}_s$. Но ЭДС самоиндукции пропорциональна не мгновенному значению тока, а скорости его изменения, которая будет наибольшей в те моменты, когда сила тока проходит через ноль. Поэтому максимумы напряжения U совпадают с нулевыми значениями тока и наоборот.



векторная диаграмма

$$U_0 = I_0 \cdot \omega L = I_0 \cdot R_L$$

Роль сопротивления в данном случае играет величина $R_L = \omega L$, называемая кажущееся сопротивление индуктивности (*индуктивное сопротивление*).

Если индуктивность измеряется в Генри, а частота ω в с^{-1} , то R_L будет выражаться в Ом.