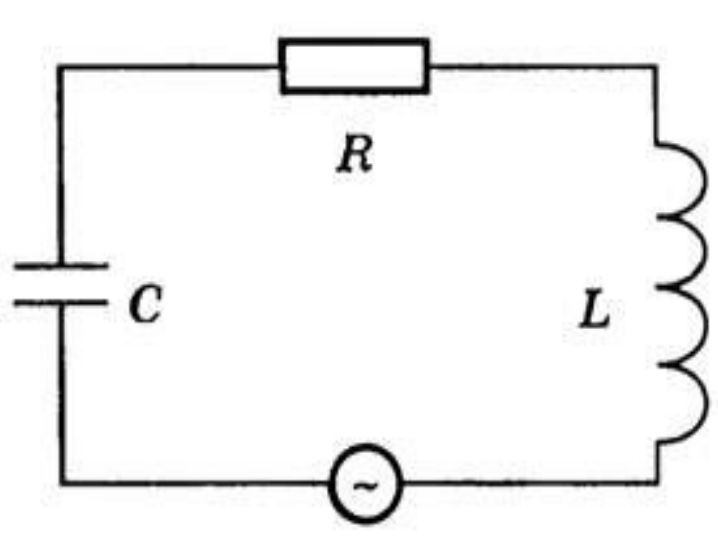
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

ПЛАН ЗАНЯТИЯ

1. Переменный ток и его получение.
2. Мгновенное и максимальное значения ЭДС, напряжения и силы переменного тока.
3. График изменения ЭДС, напряжения и силы переменного тока.
4. Однофазные цепи переменного тока.

ПОНЯТИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ.

- Вынужденные электрические колебания — это периодические изменения силы тока в контуре и других электрических величин под действием переменной ЭДС от внешнего источника.



ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

- **Переменный ток — это ток, периодически изменяющийся со временем.**
- Он представляет собой вынужденные электрические колебания, происходящие в электрической цепи под действием периодически изменяющейся внешней ЭДС. Периодом переменного тока называется промежуток времени, в течение которого сила тока совершает одно полное колебание. Частотой переменного тока называется число колебаний переменного тока за секунду.

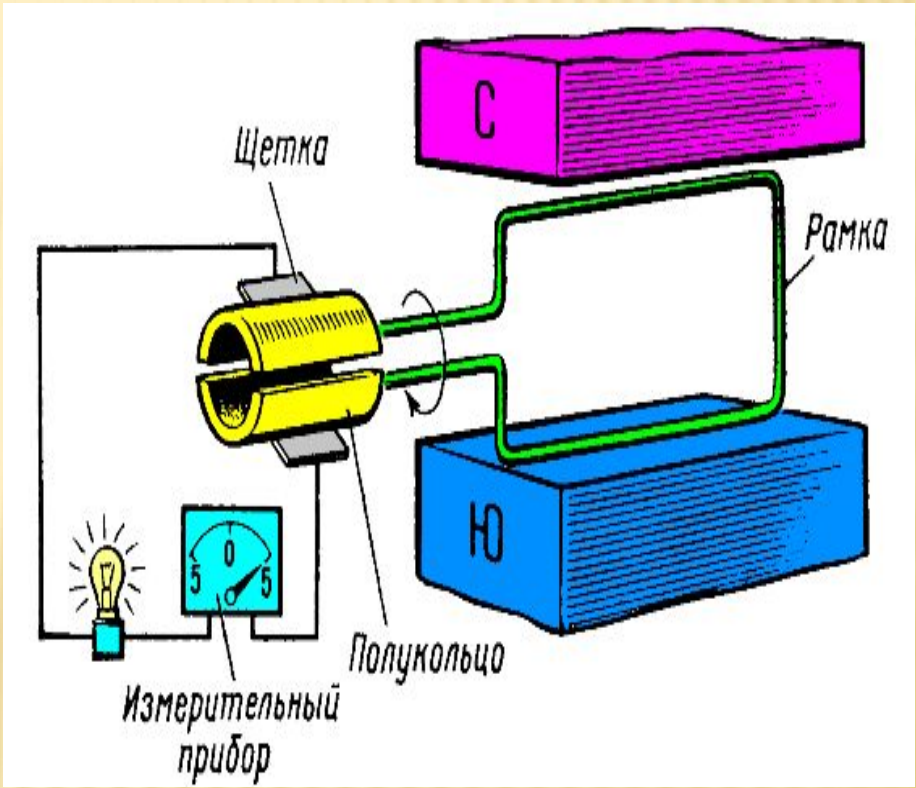
- Чтобы в цепи существовал синусоидальный ток, источник в этой цепи должен создавать переменное электрическое поле, изменяющееся синусоидально. На практике синусоидальная ЭДС создается генераторами переменного тока, работающими на электростанциях.

- При вращении рамки магнитный поток меняется по закону:

$$\Phi = BS\cos\alpha$$

$$\alpha = \omega t \Rightarrow$$

$$\Phi = BS\cos\omega t$$



ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

- По закону электромагнитной индукции

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

- Найдем производную от магнитного потока

$$e = \Phi' = (BS\cos\omega t)' = BS\omega\sin(\omega t)$$

- Введем обозначение $E_m = BS\omega$ амплитуда ЭДС

- Уравнение колебания ЭДС будет иметь вид:

$$e = E_m \sin \omega t$$

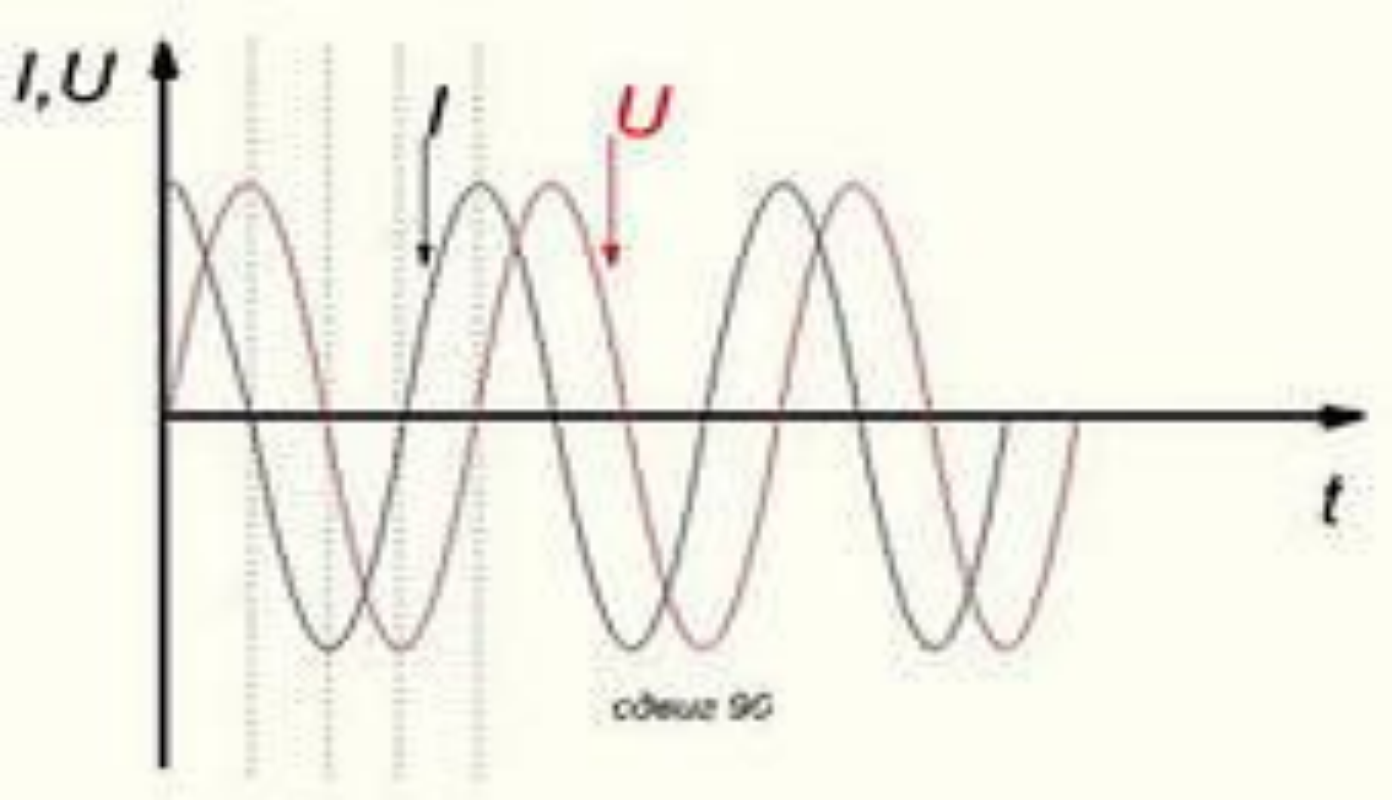
- Если цепь замкнуть на резистор, то по цепи пойдет ток.

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \cos \omega t$$

- Промышленная частота переменного тока 50Гц

ГРАФИКИ КОЛЕБАНИЙ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ



ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ СИЛЫ ТОКА.

- Тепловое действие тока не зависит от направления тока, поэтому по нему можно сравнивать действия переменного и постоянного токов. Расчет и опыт показывает, что за время Т переменный ток выделяет в проводнике теплоту, равную $Q = 0,5 I_m^2 RT$
- Если по тому же проводнику пропустить такой постоянный ток, чтобы в проводнике выделилось такое же количество теплоты, то $Q = I^2 RT$. Тогда:
- $$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$ - действующее значение силы тока

ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЭДС И НАПРЯЖЕНИЯ

- Действующее значение ЭДС:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

- Действующее значение напряжения:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

ЗАДАЧА №1. Магнитный поток в рамке равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по закону косинуса. Найти зависимость ЭДС индукции от времени. Определить амплитудное, действующее значение ЭДС, период и частоту тока.

- Дано:

$$\Phi = 10^{-2}\cos 6280t$$

$$e = e(t)$$

$$E - ?$$

$$E_m - ?$$

$$\nu - ?$$

$$T - ?$$

$$e = -\Phi' = 6280 \cdot 10^{-2}\sin 6280t$$

$$e = 62{,}8\sin 6280t$$

$$E_m = 62{,}8B;\ E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{62{,}8}{1{,}4} = 44{,}4B$$

$$\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi};\ \nu = \frac{6280}{6{,}28} = 1000Гц$$

$$T = \frac{1}{\nu};\ T = \frac{1}{1000} = 0{,}001c$$

Задача №2. Прямоугольная рамка площадью 400 кв.см. она вращается в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл. Каково максимальное значение ЭДС, если ось вращения перпендикулярна линиям индукции. Период вращения 0,1 с

$$Дано:$$

$$B = 0{,}01 Тл$$

$$S = 4 \cdot 10^{-2}\ м^2$$

$$T = 0{,}1 c$$

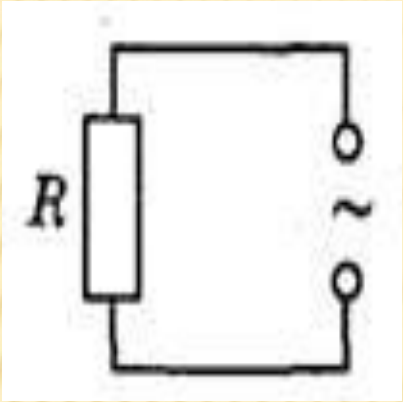
$$E_m - ?$$

$$E_m = BS\omega$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \qquad E_m = \frac{BS2\pi}{T}$$

$$E_m = \frac{10^{-2} Тл \cdot 4 \cdot 10^{-2}\ м^2 \cdot 6{,}28\ р/с}{0.1 c} = 0{,}025 В$$

РЕЗИСТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



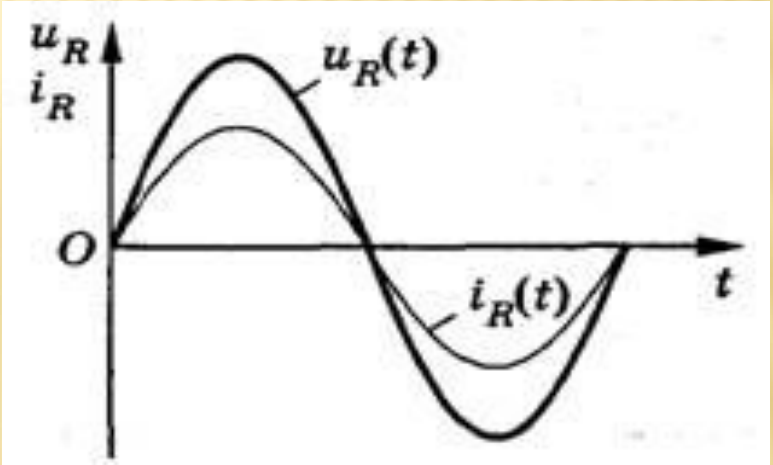
- Сопротивление элемента электрической цепи (резистора), в котором происходит превращение электрической энергии во внутреннюю энергию, называют ***активным сопротивлением.***
- Напряжение на концах цепи меняется по закону

$$u = U_m \sin \alpha$$

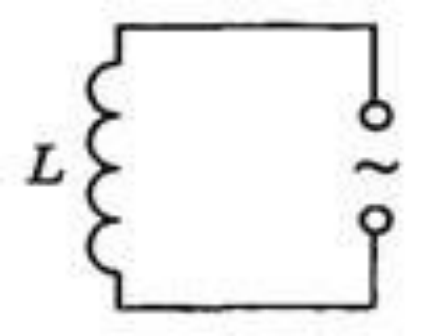
- Как и в случае постоянного тока, мгновенное значение силы тока прямо пропорционально мгновенному значению напряжения. Поэтому можно считать, что мгновенное значение силы тока определяется законом Ома:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$$

Следовательно, в проводнике с активным сопротивлением колебания силы тока по фазе совпадают с колебаниями напряжения,
а амплитуда силы тока равна амплитуде напряжения, деленной на сопротивление:



КАТУШКА В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



- Пусть в цепь переменного тока включена идеальная катушка.
- При изменениях силы тока по гармоническому закону : $i = I_m \cos \omega t$
- В катушке возникает ЭДС самоиндукции

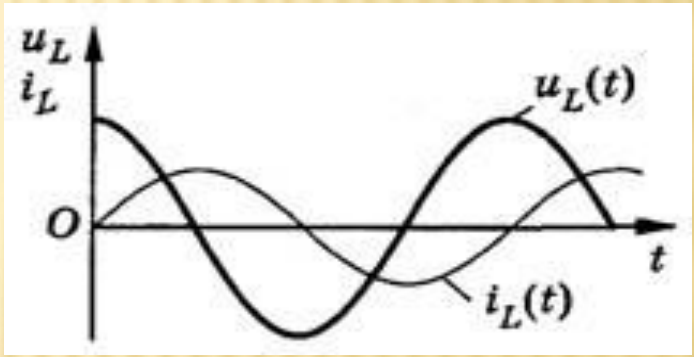
$$e = -Li' = -L(I_m \cos \omega t)' = LI_m \omega \sin \omega t$$

- ЭДС самоиндукции в катушке в любой момент времени равна по модулю и противоположна по знаку напряжению на концах катушки, созданному внешним генератором: e=-u

- Напряжение $u = -LI_m\omega \sin \omega t$
- Следовательно, при изменении силы тока в катушке по гармоническому закону напряжение на ее концах изменяется тоже по гармоническому закону, но со сдвигом фазы:

$$u = U_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Следовательно, колебания напряжения на катушке индуктивности опережают колебания силы тока на π/2



- Амплитуда колебаний

Напряжения равна:

$$U_m = LI_m\omega$$

Отношение амплитуды колебаний напряжения на катушке к амплитуде колебаний силы тока в ней называется индуктивным сопротивлением :

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = L\omega$$

Закон Ома для участка цепи:

$$I_m = \frac{U_m}{X_L}$$

В отличие от электрического сопротивления проводника в цепи постоянного тока, индуктивное сопротивление не является постоянной величиной, характеризующей данную катушку. Оно прямо пропорционально частоте переменного тока.

Задача № 3. Катушка включена в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. При напряжении 125 В сила тока в цепи 2,5 А. Какова индуктивность катушки.

$$Дано:$$

$$U = 125 В$$

$$I = 2,5 А$$

$$\nu = 50 Гц$$

$$L - ?$$

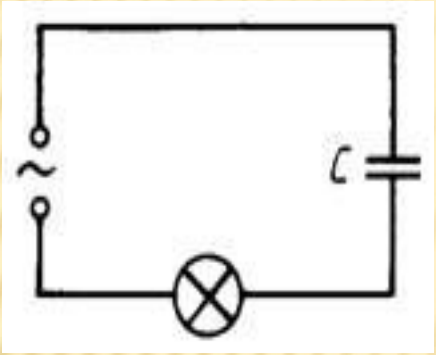
$$X_L = \omega L; \quad X_L = \frac{U}{I}$$

$$2\pi\nu \cdot L = \frac{U}{I}$$

$$L = \frac{U}{I \cdot 2\pi\nu}$$

$$L = \frac{125 В}{314 \cdot 2,5 А} = 0,16 Гн$$

КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



- При изменениях напряжения на обкладках конденсатора по гармоническому закону:

$$u = U_m \cos \omega t$$

- Заряд на его обкладках изменяется по закону:

$$q = C \cdot u = CU_m \cos \omega t$$

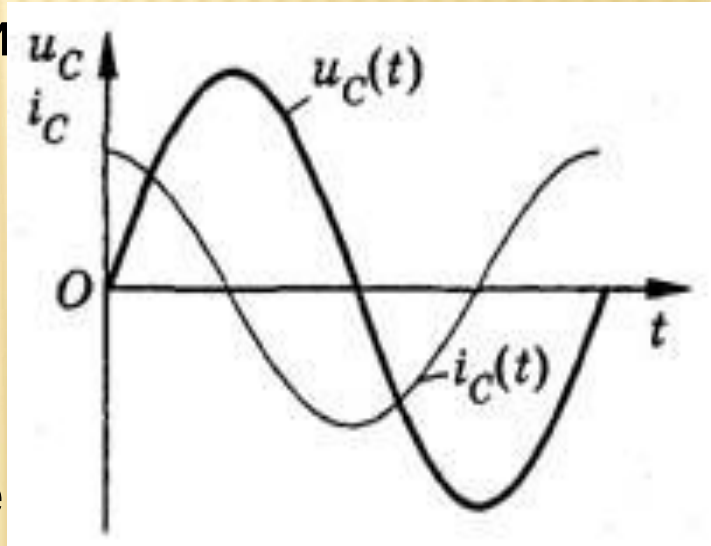
- Электрический ток в цепи возникает в результате изменения заряда конденсатора: $i=q'$

Поэтому колебания силы тока в цепи происходят по закону:

$$i = q' = (CU_m \cos \omega t) = -CU_m \omega \sin \omega t$$

$$i = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}),$$

Следовательно, колебания напряжени на обкладках конденсатора в цепи переменного тока отстают по фазе от колебаний силы тока на π/2 (рис.). Это означает, что в момент, когда конденсатор начинает заряжаться, сила тока максимальна, а напряжение равно нулю.



- амплитуда колебаний силы тока $I_m = CU_m\omega$
- Отношение амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе к амплитуде колебаний силы тока называют емкостным сопротивлением конденсатора:

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

- Емкостное сопротивление конденсатора, как и индуктивное сопротивление катушки, не является постоянной величиной. Оно обратно пропорционально частоте переменного тока.
- закона Ома для участка цепи: $I_m = \frac{U_m}{X_C}$

Задача №4. Конденсатор включен в цепь переменного тока стандартной частоты. Напряжение в сети 220 В. Сила тока в цепи конденсатора 2,5 А.Какова емкость конденсатора?

$$Дано:$$

$$U = 220В$$

$$I = 2,5А$$

$$\nu = 50Гц$$

$$C - ?$$

$$X_C = \frac{U}{I} \qquad X_C = \frac{1}{\omega C} \qquad \omega = 2\pi\nu$$

$$\frac{U}{I} = \frac{1}{2\pi\nu \cdot C} \Rightarrow C = \frac{I}{2\pi\nu \cdot U}$$

$$C = \frac{2,5А}{6,28 \cdot 50Гц \cdot 220В} = 36мкФ$$

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

- Выучить основные формулы
- Решить задачи №№ 962,963,967,975,978.