

# ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

---

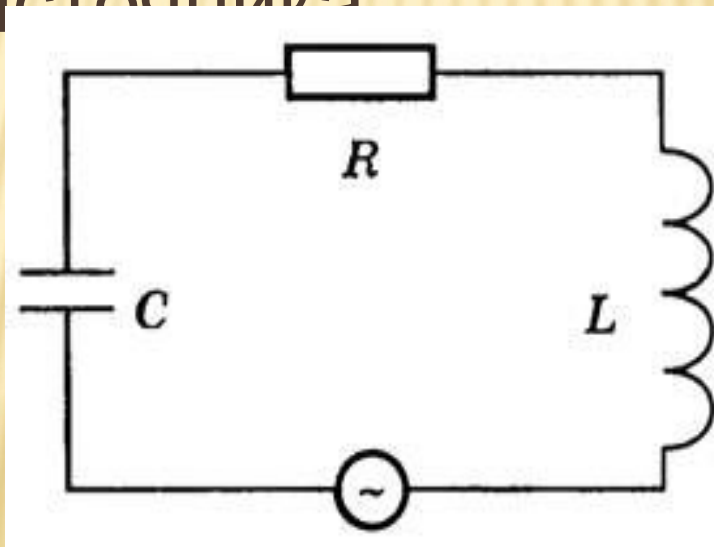
# ПЛАН ЗАНЯТИЯ

---

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

---

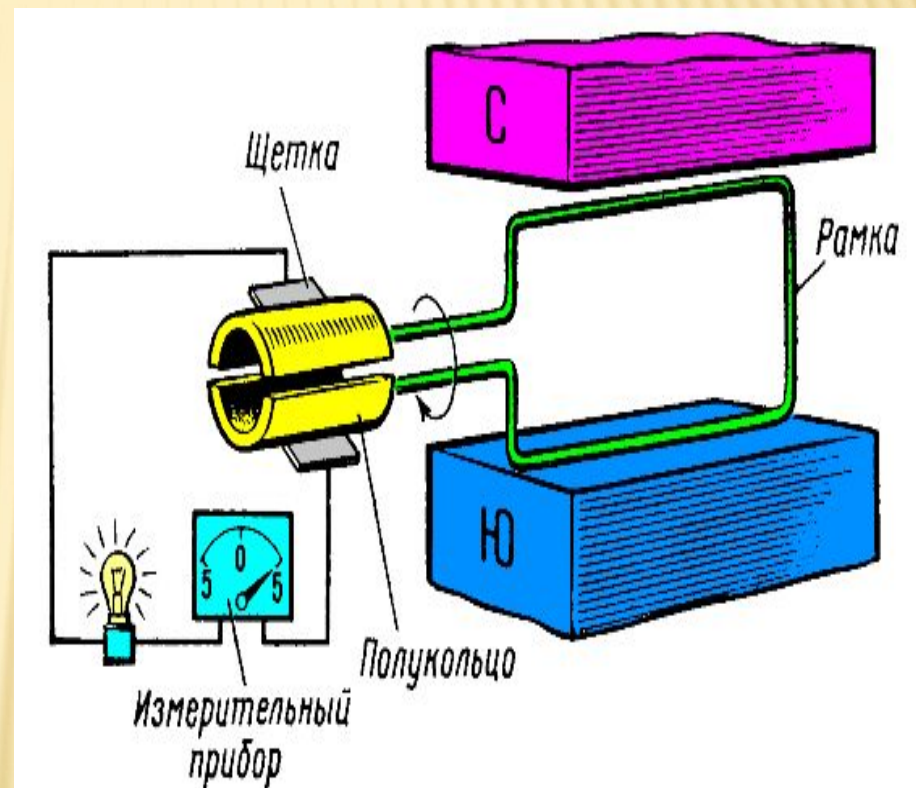
- **Переменный ток — это ток, периодически изменяющийся со временем.**
- Он представляет собой вынужденные электрические колебания, происходящие в электрической цепи под действием периодически изменяющейся внешней ЭДС. Периодом переменного тока называется промежуток времени, в течение которого сила тока 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:

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

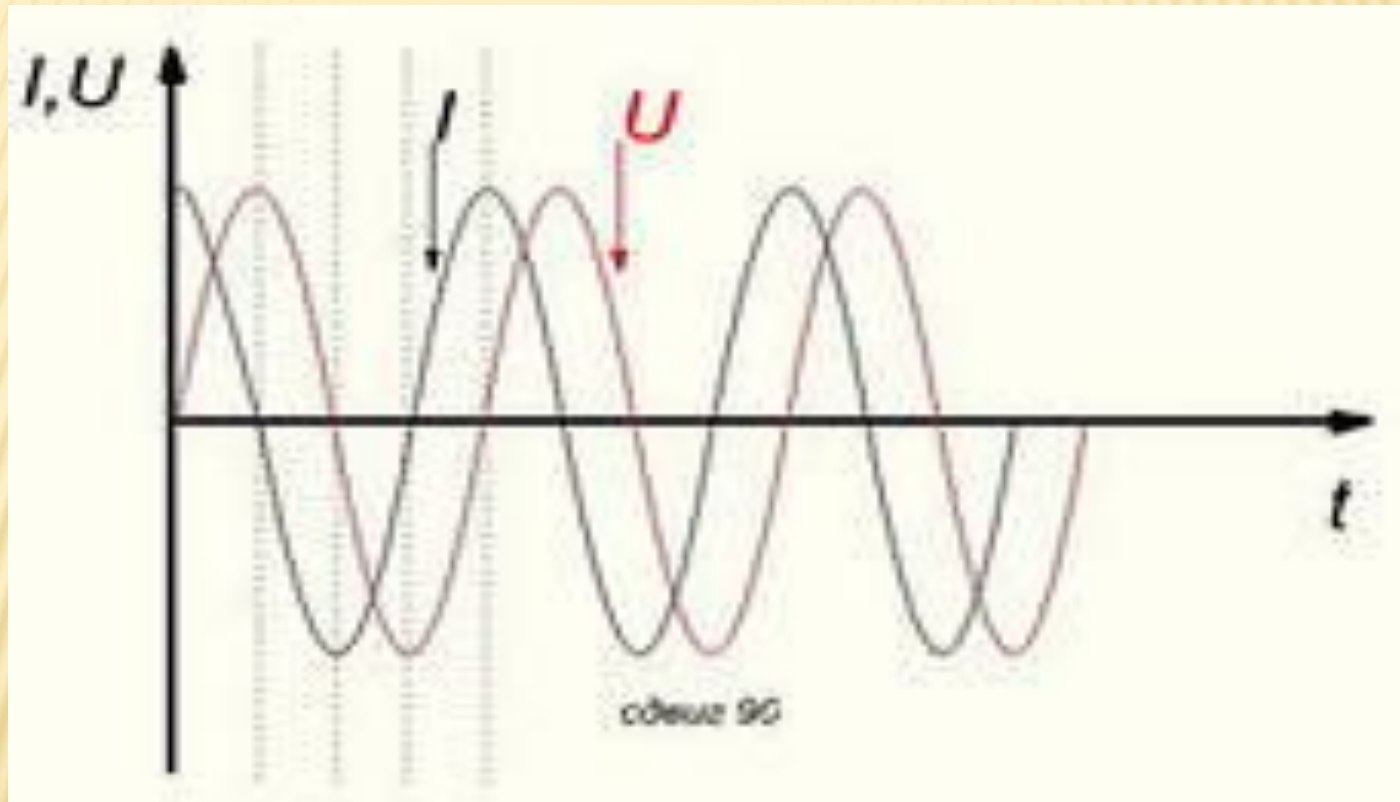
- Если цепь замкнуть на резистор, то по цепи пойдет ток.

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

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

- 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  $T$  переменный ток выделяет в проводнике теплоту, равную  $0,5 I_m^2 RT$ .
- Если по тому же проводнику пропустить такой постоянный ток  $I$ , чтобы в проводнике выделилось такое же количество теплоты, то  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ . Тогда:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

- $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$  - 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:

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

$$e = e(t)$$

$$E - ?$$

$$E_m - ?$$

$$\nu - ?$$

$$T - ?$$

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

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

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

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

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

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 :*

$$B = 0,01 \text{ Тл}$$

$$S = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$T = 0,1 \text{ с}$$

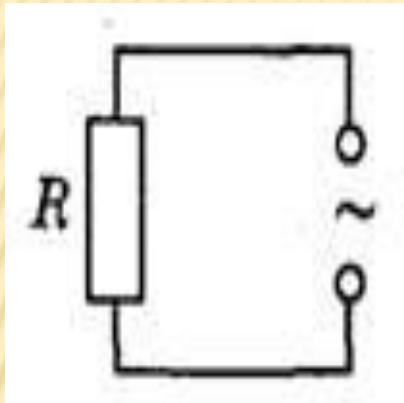
$$E_m - ?$$

$$E_m = BS\omega$$

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

$$E_m = \frac{10^{-2} \text{ Тл} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 6,28 \text{ п/с}}{0,1 \text{ с}} = 0,025 \text{ В}$$

# РЕЗИСТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



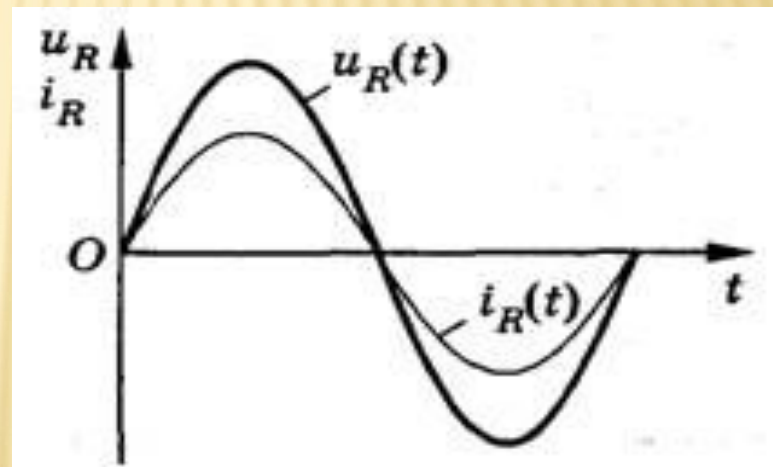
- Сопротивление элемента электрической цепи (резистора), в котором происходит превращение электрической энергии во внутреннюю энергию, называют **активным сопротивлением**.
- Напряжение на концах цепи меняется по закону

$$u = U_m \sin \alpha$$

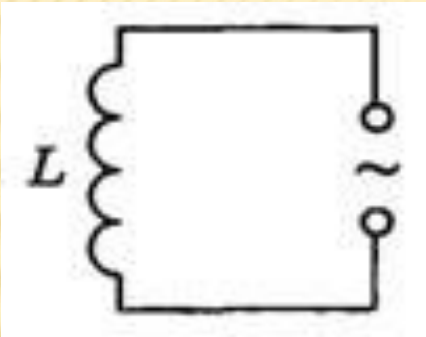
- Как и в случае постоянного тока, мгновенное значение силы тока прямо пропорционально мгновенному значению напряжения. Поэтому можно считать, что мгновенное значение силы тока определяется законом Ома:

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

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  $u = -LI_m \omega \sin \omega t$

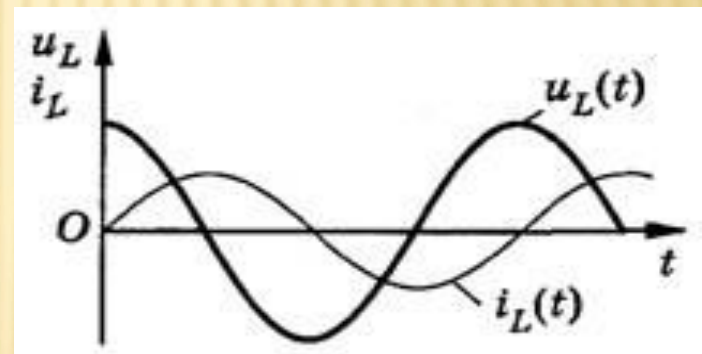
□ Следовательно, при изменении силы тока в катушке по гармоническому закону напряжение на ее концах изменяется тоже по гармоническому закону, но со сдвигом фазы:  
$$u = U_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Следовательно, колебания напряжения на катушке индуктивности опережают колебания силы тока на  $\pi/2$

□ 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 :*

$$U = 125 \text{ В}$$

$$I = 2,5 \text{ А}$$

$$\nu = 50 \text{ Гц}$$

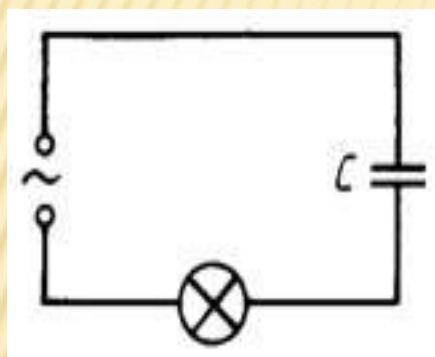
$L - ?$

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

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

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

# 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:

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

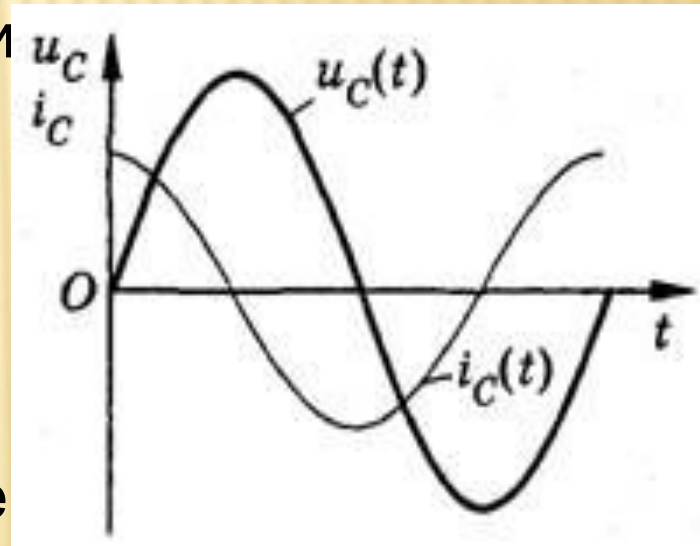
- Электрический ток в цепи возникает в результате изменения заряда конденсатора:  $i = q'$

Поэтому колебания силы тока в цепи происходят по закону:

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

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

Следовательно, колебания напряжений на обкладках конденсатора в цепи переменного тока отстают по фазе от колебаний силы тока на  $\pi/2$  (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 :

$$U = 220 \text{ В}$$

$$I = 2,5 \text{ А}$$

$$\nu = 50 \text{ Гц}$$

$C$  — ?

$$X_c = \frac{U}{I} \quad X_c = \frac{1}{\omega C} \quad \omega = 2\pi\nu$$

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

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

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

---

- Выучить основные формулы
- Решить задачи N°N°  
962,963,967,975,978.