

**АКТИВНОЕ И  
РЕАКТИВНЫЕ  
СОПРОТИВЛЕНИЯ  
В ЦЕПИ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**02.12.2020г**

# **R, C, L** в цепи переменного тока

## **Вопросы для изучения:**

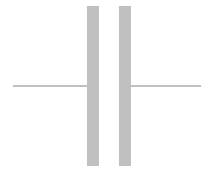
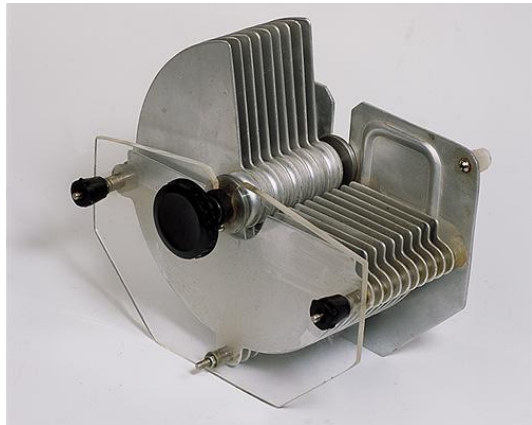
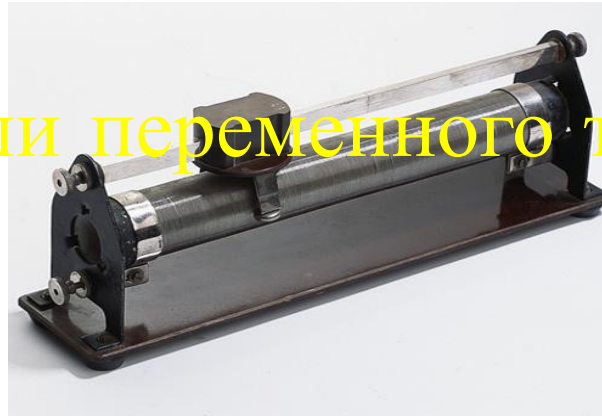
- 1. Действующие значения тока и напряжения. Активное сопротивление в цепи  $\sim$  тока**
- 2. Конденсатор в цепи  $\sim$  тока**
- 3. Индуктивность в цепи  $\sim$  тока**
- 4. Использование частотных свойств конденсатора и катушки индуктивности**



R C L

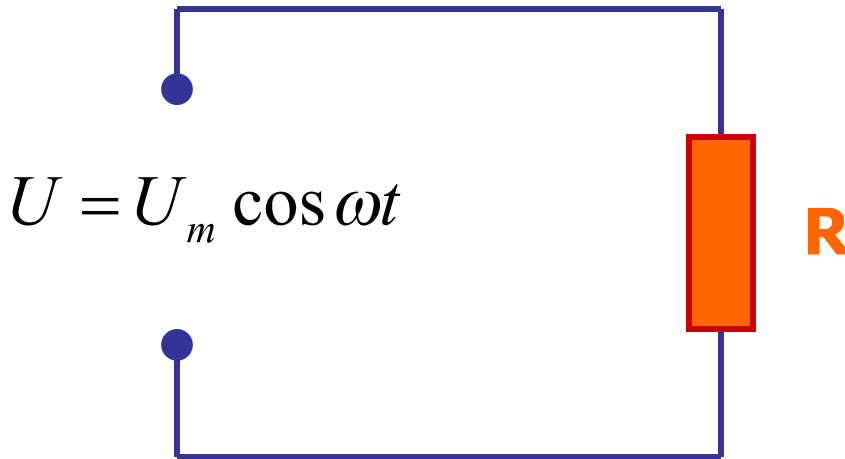


В цепи переменного тока -1



1. Действующие значения  
тока и напряжения. Активное  
сопротивление в цепи  
переменного тока

## Рассмотрим активное сопротивление в цепи переменного тока:



**Мгновенное значение силы тока через активное сопротивление пропорционально мгновенному значению напряжения**

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t$$

**Колебания напряжения и силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе**

# РЕЗИСТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

$u = U_m \cos \omega t$  – мгновенное значение напряжения

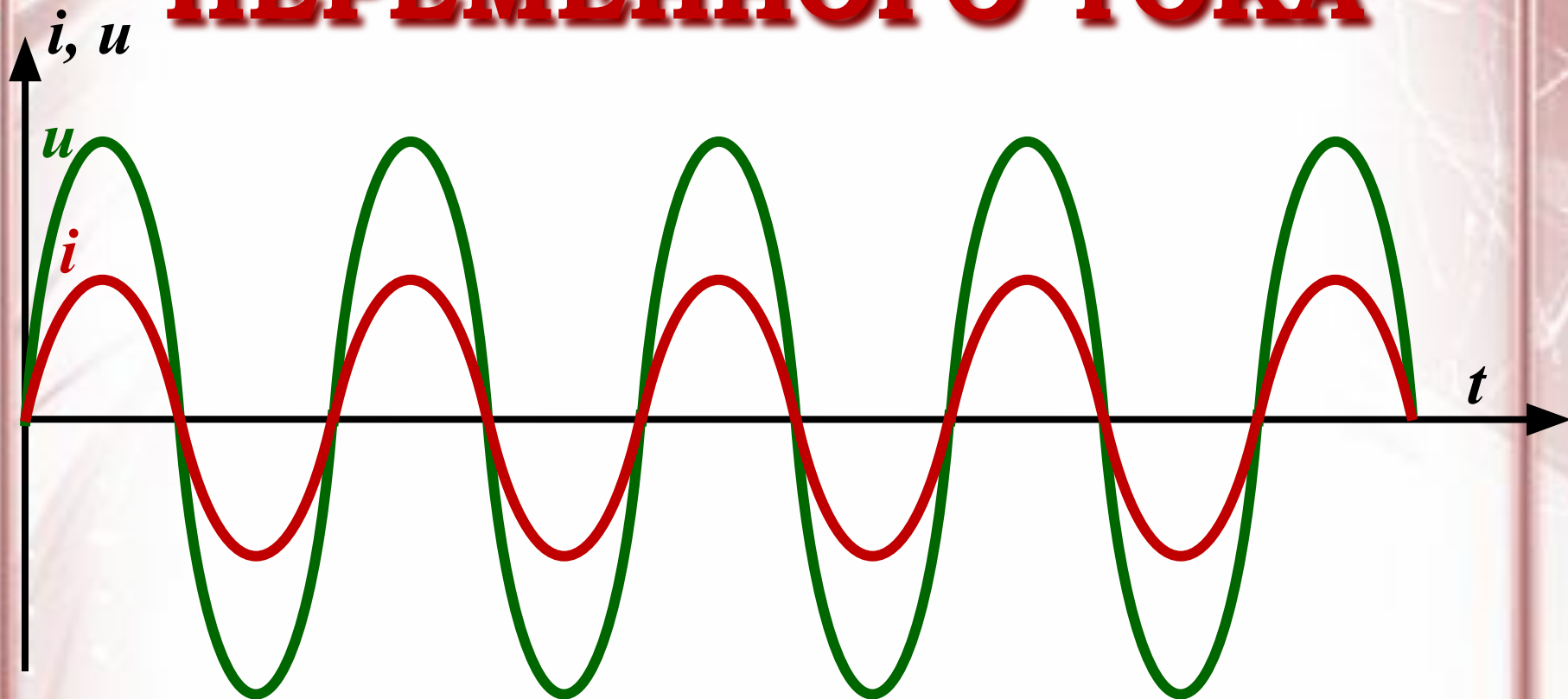
$i = I_m \cos \omega t$  – мгновенное значение силы тока

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ – действующее значение силы тока} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \text{ – действующее значение напряжения}$$

$$I = \frac{U}{R} \quad I_m = \frac{U_m}{R} \text{ – закон Ома для цепи переменного тока с резистором, } R \text{ – активное сопротивление}$$

$$P = IU = I^2 R \text{ – действующее значение мощности}$$

# РЕЗИСТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



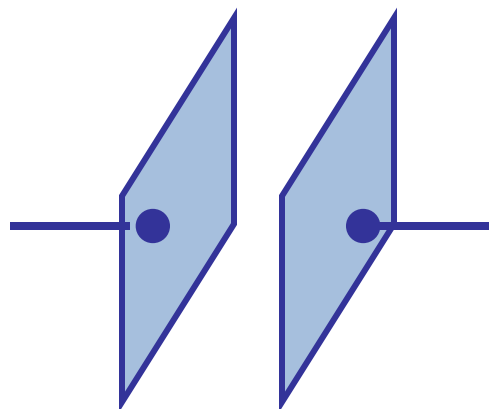
*В цепи переменного тока, содержащей активное сопротивление, колебания силы тока  $i$  и напряжения  $u$  совпадают по фазе*

## 2. Конденсатор в цепи переменного тока

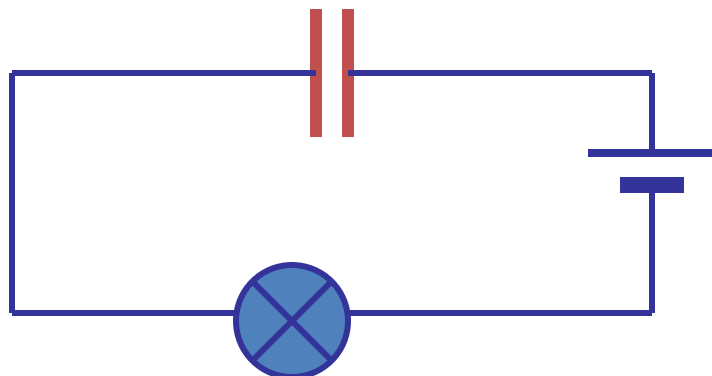




## Давайте вспомним, что такое конденсатор



**Конденсатор** – это система из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика (воздуха, слюды, керамики ...)



Ясно, что конденсатор – это разрыв в цепи (подобно разомкнутому выключателю), поэтому **постоянный ток конденсатор не проводит**

Итак, конденсатор проводит переменный ток, однако он оказывает току сопротивление, которое называется ёмкостным сопротивлением

---

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C} \quad X_C \text{ - ёмкостное сопротивление}$$

$\omega$  - циклическая частота протекающего тока

$C$  – емкость конденсатора

$\nu$  - частота тока

# КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

$q = C U_m \cos \omega t$  - мгновенное значение заряда

$u = U_m \cos \omega t$  - мгновенное значение напряжения

$i = q' = -C U_m \omega \sin \omega t$

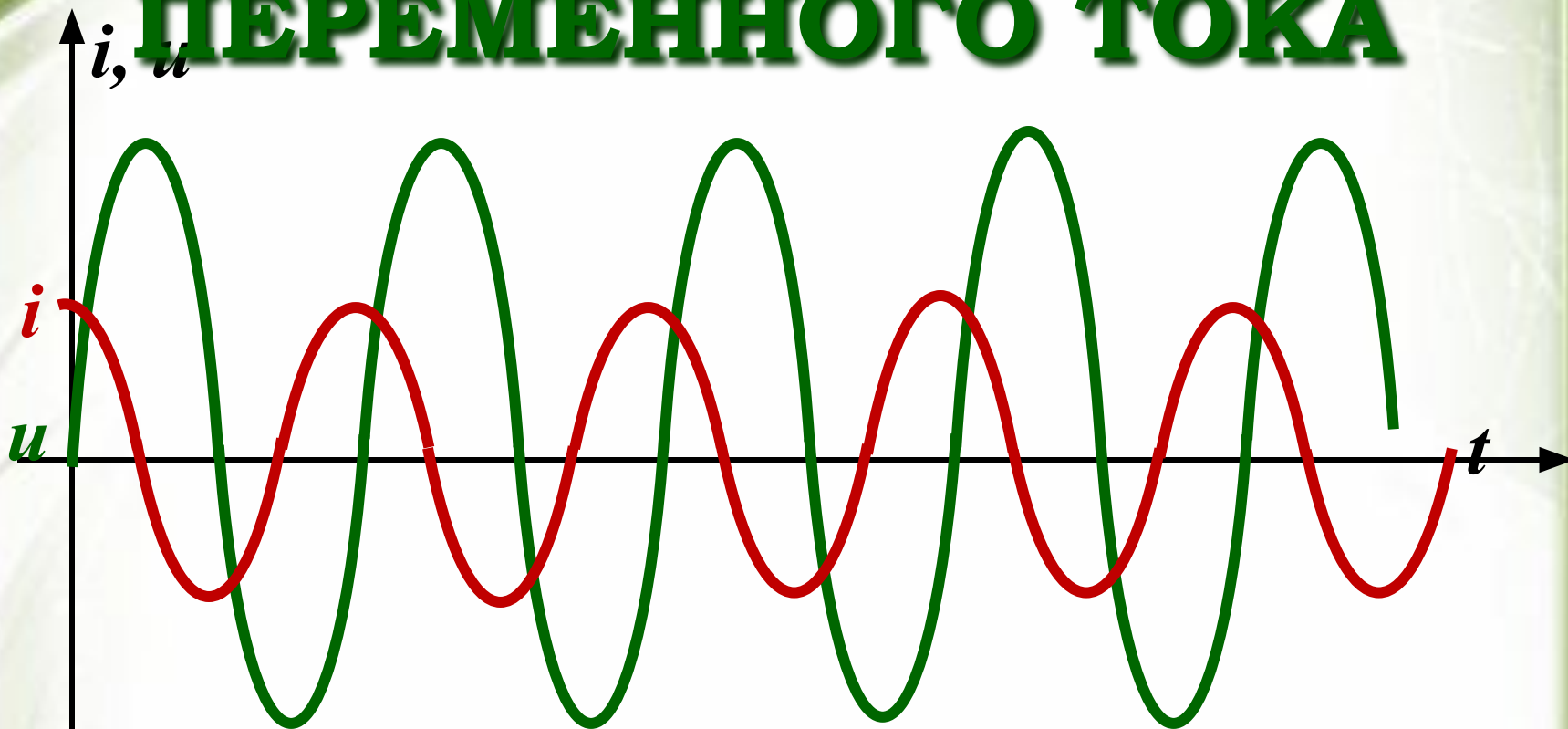
$I_m = U_m C \omega$  - максимальное значение силы тока

$i = I_m \cos (\omega t + \pi)$  - мгновенное значение силы тока

$I = \frac{U}{X_C}$  - закон Ома для цепи переменного тока с конденсатором

$X_C = \frac{1}{\omega C}$  - емкостное сопротивление

# КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



*В цепи переменного тока, содержащей конденсатор, колебания силы тока  $i$  опережают колебания напряжения  $u$  на  $\frac{\pi}{2}$*

### 3. Индуктивность в цепи переменного тока



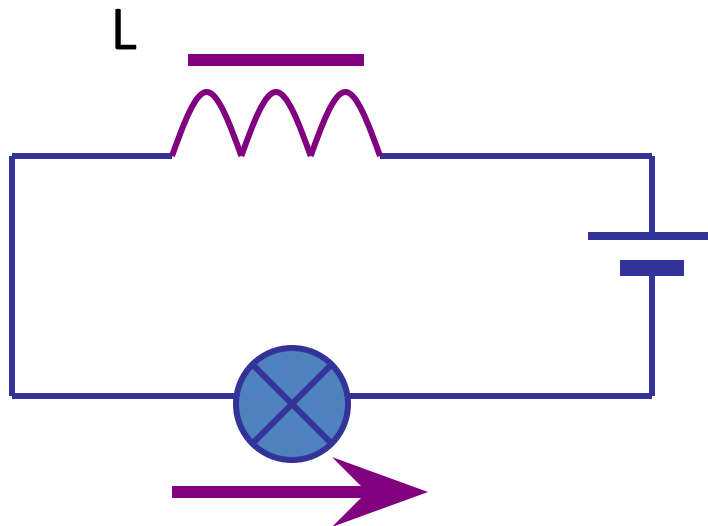
L



## Давайте вспомним, что такое индуктивность



**Индуктивность  $L$**  – это физическая величина, подобная массе в механике. Как в механике для изменения скорости тела нужно время, и масса является мерой этого времени (**инерция**), так и электродинамике для изменения тока через проводник нужно время и индуктивность является мерой этого времени (**самоиндукция**)

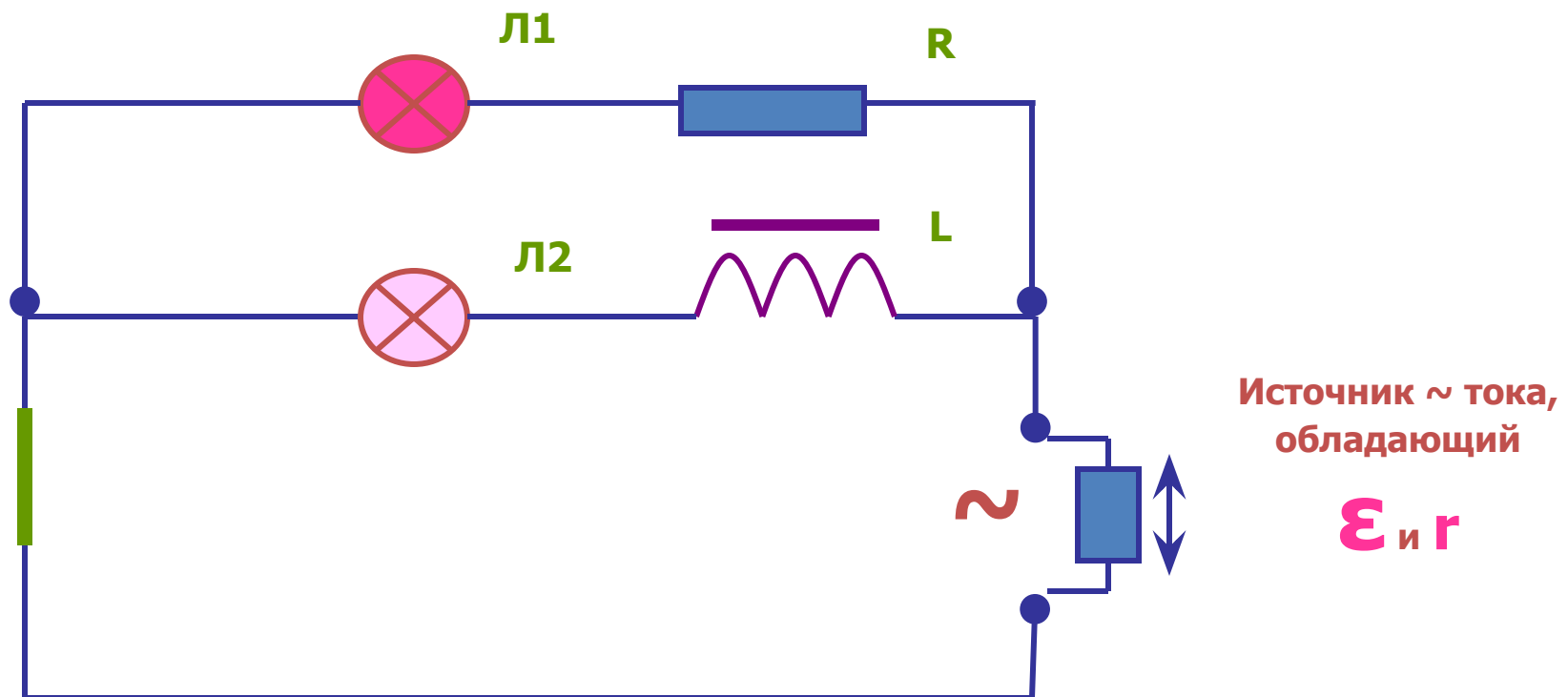


Катушка индуктивности – это обычный проводник с необычной формой, обладающий активным сопротивлением. Поэтому катушка хорошо проводит постоянный ток, значение которого ограничено только его активным сопротивлением

Явление самоиндукции возникает только в моменты включения и выключения (препятствует любому изменению тока)

Посмотрим, как ведет себя индуктивность в цепи переменного тока:

Замкнем цепь и сравним яркость горения лампочек 1 и 2



В цепи сопротивление  $R$  выберем равным активному сопротивлению  $L$

Лампочка  $L1$  горит гораздо ярче, чем  $L2$

Почему ?

Все дело в **явлении самоиндукции**, возникающей в катушке при любом изменении тока, которое мешает этому изменению – поэтому у катушки индуктивности кроме активного сопротивления провода, из которой она сделана, появляется еще одно сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции и называемое **индуктивным сопротивлением**  $X_L$

---

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

$\omega$  - циклическая частота протекающего тока

$L$  – индуктивность катушки

$\nu$  - частота тока



# КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



$i = I_m \sin \omega t$  - мгновенное значение силы тока

$$e_i = -L i' = -L I_m \omega \cos \omega t$$

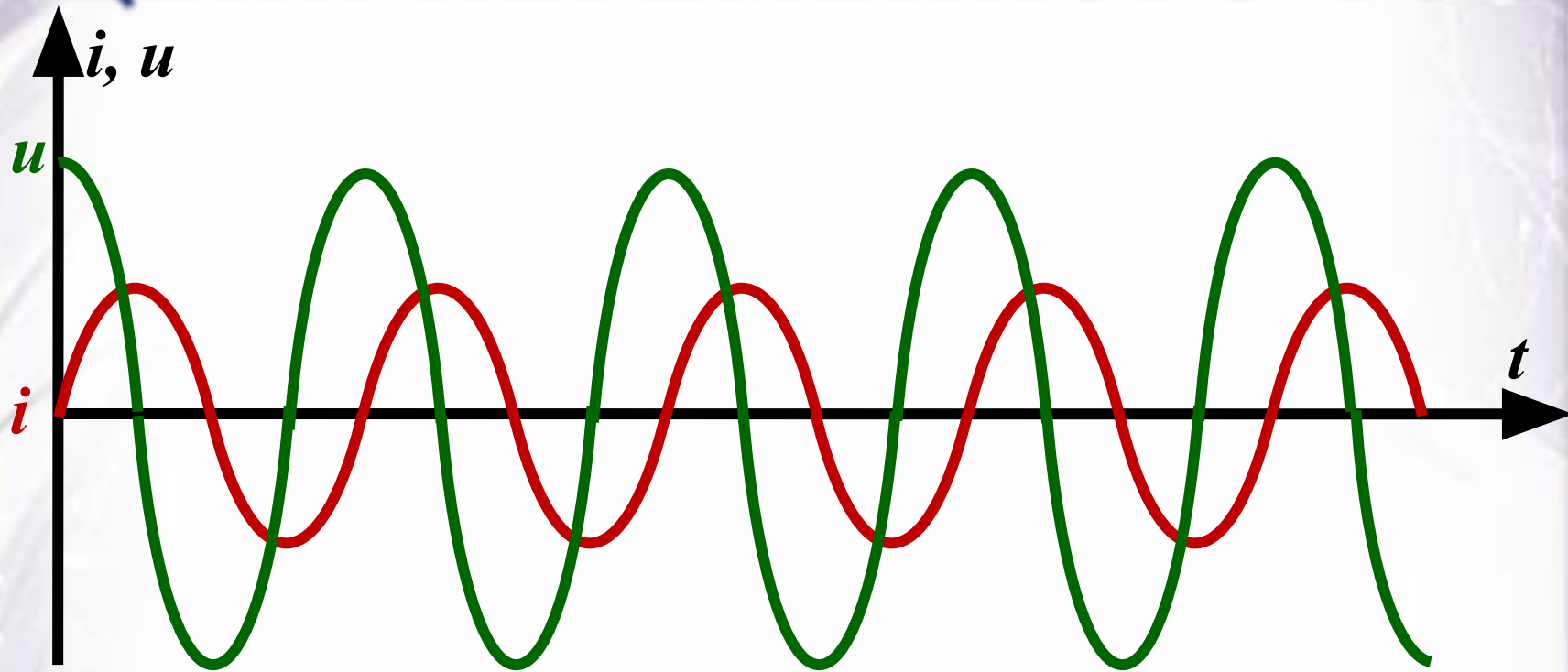
$$u = -e_i = U_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) - \text{мгновенное значение напряжения}$$

$$U_m = L I_m \omega$$

$$I = \frac{U}{X_L} - \text{закон Ома для цепи переменного тока с катушкой индуктивности}$$

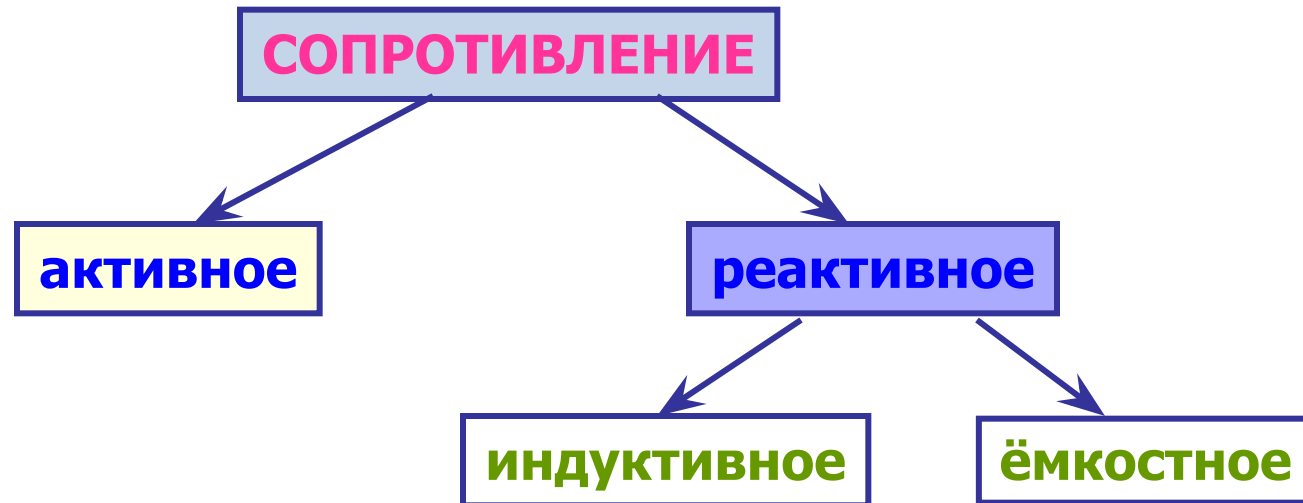
$$X_L = \omega L - \text{индуктивное сопротивление}$$

# КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



*В цепи переменного тока, содержащей катушку индуктивности, колебания напряжения  $u$  опережают колебания силы тока  $i$  на  $\frac{\pi}{2}$*

Таким образом, в цепи переменного тока можно выделить 3 вида сопротивлений (или три вида элементов, оказывающих сопротивление току)



**Реальные электрические цепи** содержат все виды сопротивлений (активное, индуктивное и ёмкостное), поэтому ток в реальной цепи зависит от ее полного (эквивалентного) сопротивления, а сдвиг фаз определяется величиной  $L$  и  $C$  цепи

# стр.100(2)

<u>стр.100(2)</u>	$X_L = \omega L = 2\pi \nu L = (2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 0,08 = 502,4 \text{ Ом})$
$L = 0,08 \text{ Гн}$	$I_g = \frac{U_g}{X_L} = \frac{U_g}{2\pi \nu L} = \left( \frac{100}{502,4} \approx 0,2 \text{ А} \right)$
$\nu = 1000 \text{ Гц}$	
$U_g = 100 \text{ В}$	$I_m = I_g \sqrt{2} = \frac{U_g \sqrt{2}}{2\pi \nu L} = \frac{100 \sqrt{2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 0,08} \approx 0,28 \text{ А}$
$I_m = ?$	

# P-976

P-976

$$V = 50 \text{ J}_{16}$$

$$U_g = 220 \text{ B}$$

$$I = 2,5 \text{ A}$$

C = ?

$$X_c = \frac{U_g}{I}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

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

$$C = \frac{2,5}{220 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} \approx 0,0000361 \text{ F}$$

$$= \underline{36,1 \text{ мкФ}}$$

# P-971

P-971

$$R = 50 \text{ Ohm}$$

$$V = 50 \text{ V}$$

$$U_g = 220 \text{ B}$$

$u(t) = ?$   
 $i(t) = ?$

$$u(t) = U_m \cos \omega t, \text{ где } U_m = \sqrt{2} U_g = 220\sqrt{2} \approx 310 \text{ B}$$

$$\omega = 2\pi V = 100\pi \text{ c}^{-1}$$

$$u(t) = 310 \cos 100\pi t$$

$$i(t) = I_m \cos \omega t, \text{ где } I_m = \frac{U_m}{R} = \frac{310}{50} = \underline{6,2 \text{ A}}$$

$$i(t) = 6,2 \cos 100\pi t$$

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

СПАСИБО  
ЗА УРОК!

§§ 21, 22.

Письменно ответить  
на вопросы § 21(в.3,4)

Решить задачи Р-975, 978

