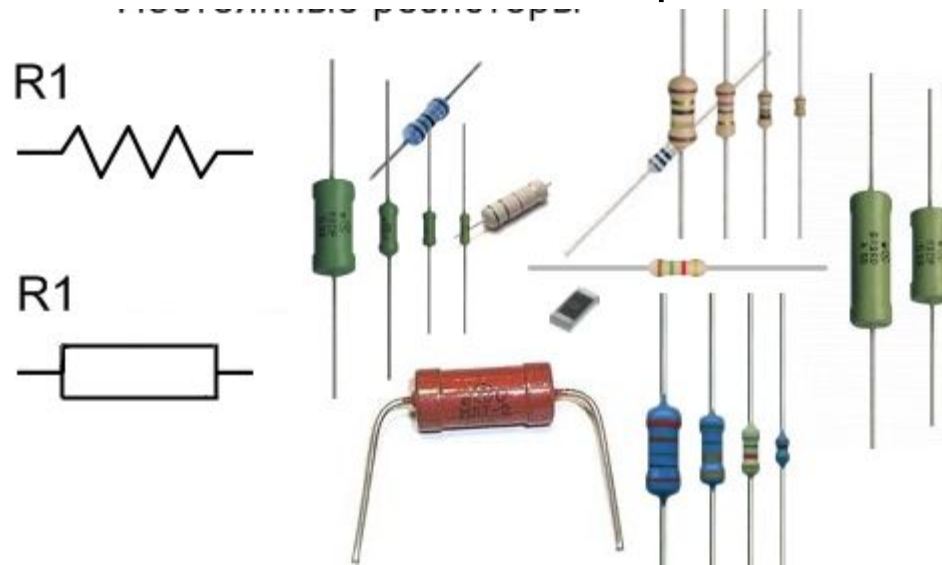


# Основные параметры элементов электрической цепи

# Резистор

- **Рези́стор** - пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления
- Функционирует при постоянном и переменном токе
- **Электри́ческое сопроти́вление** - физическая величина характеризующая свойства проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему. Также называют радиодеталь, предназначенную для введения в электрические цепи активного сопротивления.



Сопротивление является характеристикой проводника и не зависит от поданного на него напряжения.

Сопротивление зависит от

- длины проводника,
- площади его поперечного сечения,
- вещества, из которого изготовлен проводник,
- температуры.

Чтобы связать вещество и его сопротивление, вводится такое понятие как *удельное сопротивление вещества*. Оно показывает, какое будет сопротивление в данном веществе, если проводник из него будет иметь длину 1 м и площадь поперечного сечения 1 м<sup>2</sup>. Проводники такой длины и толщины, изготовленные из разных веществ, будут иметь разные сопротивления. Это связано с тем, что у каждого металла (чаще всего именно они являются проводниками) своя кристаллическая решетка, свое количество свободных электронов.

Чем меньше удельное сопротивление вещества, тем лучшим проводником электрического тока оно является.

Чем длиннее проводник, тем большее сопротивление он имеет. Движению электронов в металлах мешают ионы, составляющие кристаллическую решетку. Чем их больше, т. е. чем длиннее проводник, тем больше у электрона шанс замедлить свой путь. Однако увеличение площади поперечного сечения делает как бы дорогу шире. Электронам легче течь и не сталкиваться с узлами кристаллической решетки. Поэтому чем толще проводник, тем его сопротивление меньше.

Сопротивление прямо пропорционально зависит от удельного сопротивления ( $\rho$ ) и длины ( $l$ ) проводника и обратно пропорционально зависит от площади ( $S$ ) его поперечного сечения.

$$R = \rho l / S$$

Для вычислений удельные сопротивления берут из специальных таблиц.

Для металлических проводников чем больше температура, тем сопротивление больше. Это связано с тем, что при повышении температуры ионы решетки начинают сильнее колебаться и больше мешать движению электронов. Однако в электролитах (растворах, где заряд несут ионы, а не электроны) с повышением температуры сопротивление уменьшается. Здесь это связано с тем, что чем выше температура, тем больше происходит диссоциация на ионы, и они быстрее двигаются в растворе.

# Классификация

- По назначению:
  - резисторы общего назначения
  - резисторы специального назначения
- По характеру изменения сопротивления
  - постоянные
  - переменные регулировочные
- По способу защиты:
  - изолированные
  - неизолированные
  - вакуумные
  - герметизированные
- По способу монтажа:
  - для печатного монтажа
  - для навесного монтажа
  - для микросхем и микромодулей.
- По виду вольт-амперной характеристики:
  - линейные резисторы;
  - нелинейные резисторы:
    - варисторы - сопротивление зависит от приложенного напряжения
    - терморезисторы - сопротивление зависит от температуры
    - фоторезисторы - сопротивление зависит от освещённости
    - тензорезисторы - сопротивление зависит от деформации резистора
    - магниторезисторы - сопротивление зависит от величины магнитного поля
    - мемристоры (разрабатываются) — сопротивление зависит от протекавшего через него заряда (интеграла тока за время работы)

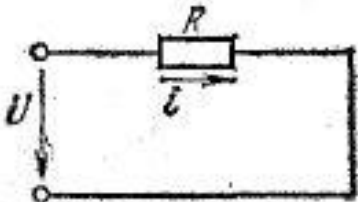


По технологии изготовления:

- проволочные резисторы
- металлопленочные и композитные

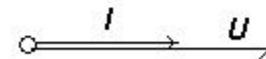
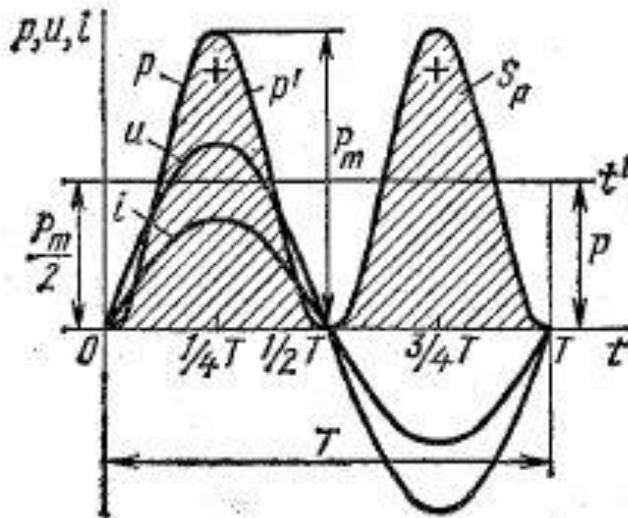


# Активное сопротивление в цепи переменного тока



Ток и напряжение изменяются по одному и тому же закону. Одновременно достигают своих максимальных значений и проходят через нуль.

Следовательно, при включении в цепь переменного тока активного сопротивления ток и напряжение совпадают по фазе



Из уравнений напряжения и тока видно, что начальные фазы обеих кривых одинаковы, т. е. напряжение и ток в цепи с сопротивлением R совпадают по фазе

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

Действующий ток  $I_m / \sqrt{2} = U_m / \sqrt{2} R,$

Закон Ома ничем не отличается от формулы для цепи постоянного тока, если переменные напряжение и ток выражены действующими величинами

Мгновенная мощность равна произведению мгновенных величин напряжения и тока:  $p = U_m \sin \omega t I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t$

Мощность в течение периода остается положительной, хотя ток и напряжение меняют свой знак. Это получается благодаря совпадению по фазе напряжения и тока.

Постоянство знака мощности говорит о том, что направление потока электрической энергии остается в течение периода неизменным, в данном случае от сети (от источника энергии) в приемник с сопротивлением R, где электрическая энергия необратимо преобразуется в другой вид энергии. **В этом случае электрическая энергия называется активной**

Активная мощность для данной цепи равна произведению действующих величин тока и напряжения:

$$P = UI = I^2 R = U^2 R$$

# ИНДУКТИВНОСТЬ



В 1831 г. Фарадей открыл закон электромагнитной индукции – **При всяком изменении магнитного потока через проводящий контур в этом контуре возникает электрический ток**

$$\Phi = B_{\perp} S = BS \sin \varphi. \quad \nu = \frac{1}{T}, \quad \omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}. \quad \varphi = \omega t.$$

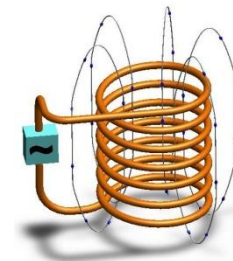
Опыты позволяющие рассмотреть условия возникновения индукционного тока

- изменение магнитной индукции поля, у которого находится индукционный контур
- изменение положение катушки, находящейся в неизменном магнитном поле
- Изменение площади контура, находящегося в неизменном магнитном поле

Индукционный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле уменьшает изменение магнитного потока, являющееся причиной возникновения этого тока.

Правило Ленца - **Индукционный ток всегда имеет такое направление, что взаимодействие его с первичным магнитным полем противодействует тому движению, вследствие которого происходит индукция**

Индукционный ток тем больше, чем меньше электрическое сопротивление катушки, если все остальные условия опыта вполне одинаковы.



# Индуктивное сопротивление в цепи переменного тока

Индуктивность в цепи влияет на силу переменного тока

При изменении силы тока по гармоническому закону

$$i = I_m \sin \omega t$$

ЭДС самоиндукции равна:

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

Так как  $u = -e_i$ , напряжение на концах катушки оказывается равным

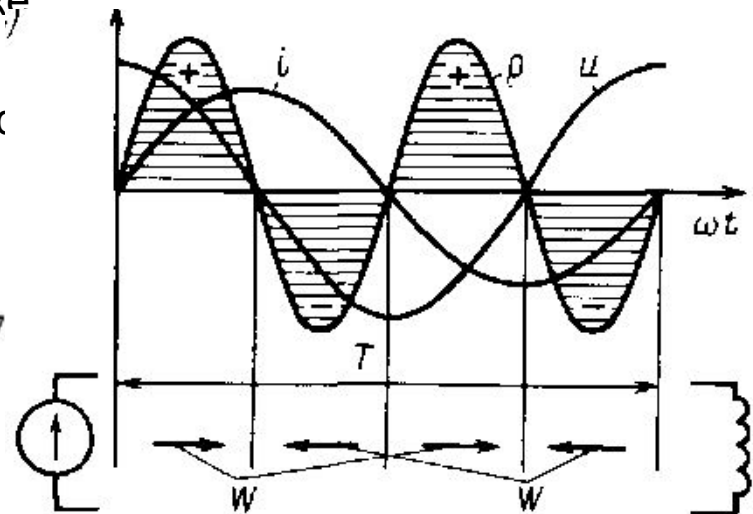
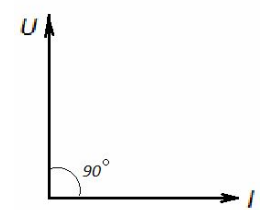
$$u = L\omega I_m \cos \omega t = L\omega I_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) = U_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right),$$

где  $U_m = L\omega I_m$  — амплитуда напряжения.

Следовательно, колебания напряжения на катушке опережают по фазе колебания силы тока на  $\frac{\pi}{2}$ , или, что то же самое, колебания силы тока отстают по фазе от колебаний напряжения на  $\frac{\pi}{2}$ .

Действующее значение напряжения

$$U = U_m / \sqrt{2} = 0,7 U_m$$





Амплитуда силы тока в катушке равна

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

Если ввести обозначение  $\omega L = X_L$  и вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то получим  $I = \frac{U}{X_L}$

Величину  $X_L$ , равную произведению циклической частоты на индуктивность, называют индуктивным сопротивлением.

Индуктивное сопротивление зависит от частоты  $\omega$ . Постоянный ток вообще «не замечает» индуктивности катушки. При  $\omega = 0$  индуктивное сопротивление равно нулю ( $X_L = 0$ ).

Чем быстрее меняется напряжение, тем больше ЭДС самоиндукции и тем меньше амплитуда силы тока. Катушка индуктивности оказывает сопротивление переменному току

# Конденсатор



Система из разноименно заряженных проводников называется конденсатором, а заряд, который надо перенести с одного проводника на другой, чтобы зарядить один из них отрицательно, а другой положительно, называется зарядом конденсат

$$q = CU.$$

$$C = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{d}.$$

Конденсатор - двухполюсник с определённым или переменным значением емкости и малой проводимостью.

Устройство для накопления заряда и энергии электрического поля. Конденсатор является пассивным электронным компонентом.

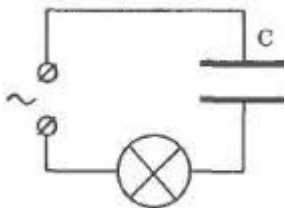
В простейшем варианте конструкция состоит из двух электродов в форме пластин (называемых *обкладками*), разделённых диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок. Практически применяемые конденсаторы имеют много слоёв диэлектрика и многослойные электроды, или ленты чередующихся диэлектрика и электродов, свёрнутые в цилиндр или параллелепипед со скруглёнными четырьмя рёбрами (из-за намотки).

Емкость характеризует не отдельную пластину, а систему обеих пластин в их взаимном расположении по отношению друг к другу. Основной характеристикой конденсатора является его емкость характеризующая способность конденсатора накапливать электрический заряд. В обозначении конденсатора фигурирует: номинальной ёмкости, в то время как реальная ёмкость может м в зависимости от многих факторов.

Реальная ёмкость конденсатора определяет его электрические свойства.



# Емкостное сопротивление в цепи переменного тока



Постоянный ток не может идти по цепи, содержащей конденсатор. При этом цепь оказывается разомкнутой, так как обкладки конденсатора разделены диэлектриком.

Переменный же ток может идти по цепи, содержащей конденсатор. Сила тока, представляет собой производную заряда по времени

$$i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Следовательно, колебания силы тока опережают по фазе колебания напряжения на конденсаторе на  $\frac{\pi}{2}$ ,

Амплитуда силы тока равна

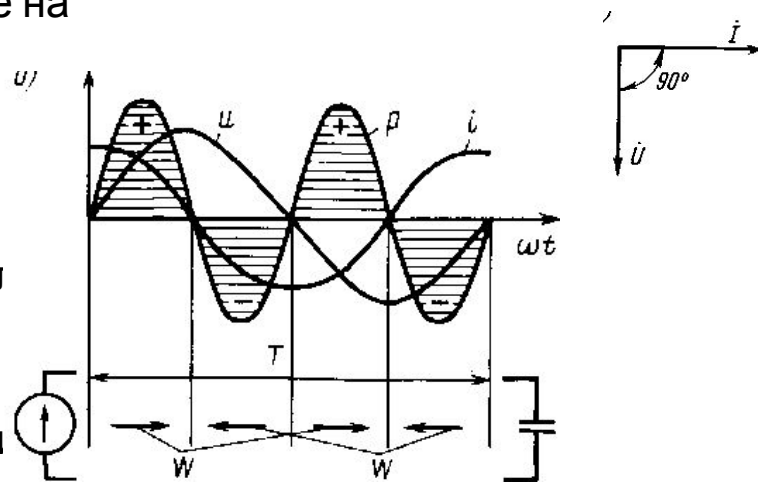
Если  $\dots$

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

где  $X_c$  – емкостное сопротивление

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

В конденсаторе не происходит энергии, поэтому емкостное сопротивление называют реактивным.



# Полная мощность электрической цепи

**Активная мощность** - указывает на необратимые преобразования электроэнергии в данной цепи в другие виды энергии

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$$

Зависит от действующих значений напряжения и тока и от коэффициента мощности  $\cos\phi$

$$\cos\phi = R/Z$$

Тогда  $P = I^2 R$  [Вт]

**Реактивная мощность** - отражает процесс обмена энергией между источником энергии и совокупностью индуктивных и емкостных элементов

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi = I^2 X \text{ [Вар]}$$

При индуктивном характере входного сопротивления ( $\phi > 0$ ) реактивная мощность положительна, при емкостном ( $\phi < 0$ ) – отрицательна

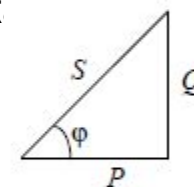
**Полная мощность** – это произведение действующих значений напряжения между выводами источника  $U = E$  и тока источника  $I$

$$S = UI = EI = I^2 Z \text{ [ВА]}$$

Определяет эксплуатационные возможности многих электротехнических устройств (генераторов, трансформаторов и др.), для которых она указывается как номинальная

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2};$$

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$



## Контрольное задание

Самостоятельно заполнить таблицу

Виды сопротивлени й	Единицы измерения	Формулы закона Ома	Формулы сопротивлени я	Векторная диаграмма тока и напряжения
Активное				
Индуктивное				
Емкостное				

