

var.tpu.ru

tpu\login



Work Resources

Подключение к удаленным рабочим столам и приложениям RemoteApp

Удаленные приложения RemoteApp и рабочие столы

[Справка](#)

[Выйти](#)

Текущая папка: /



Adobe



Microsoft
Office



Графические



ИнЭО



ИнЯз



ИШПР



Математиче...



Работа с БД



Разработка
приложений



САПР



Электроника



AlignAssist



Google
Chrome



MikTEX



OpenGeo
Dashboard



Калькулятор

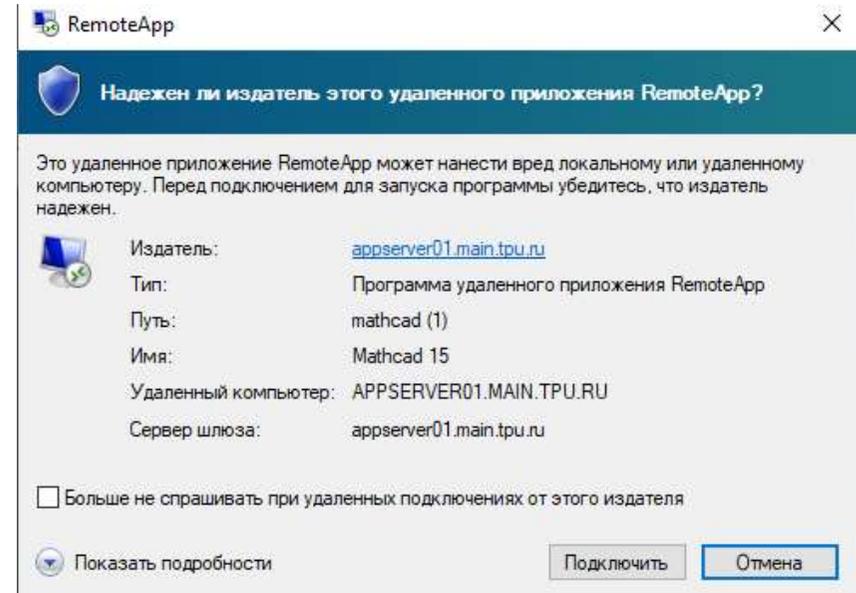
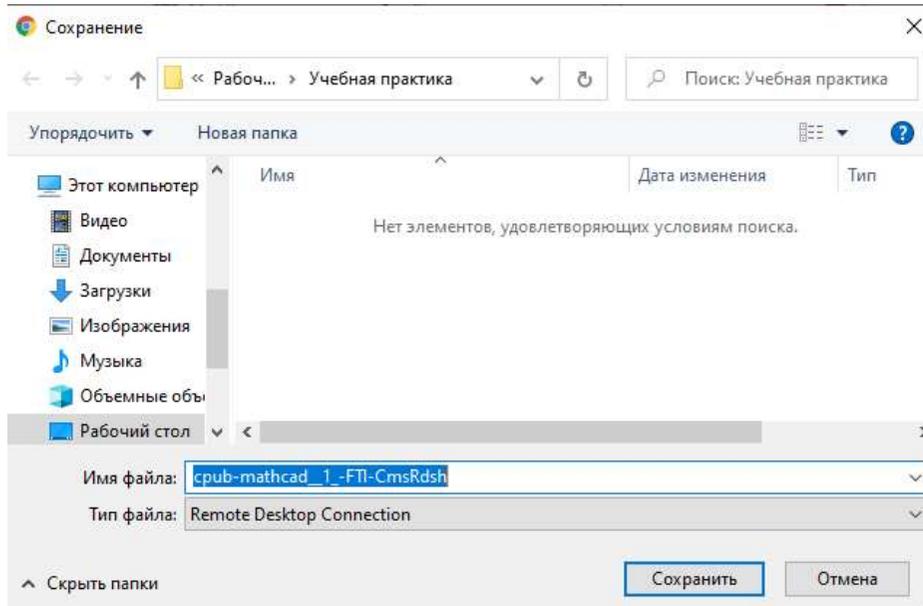
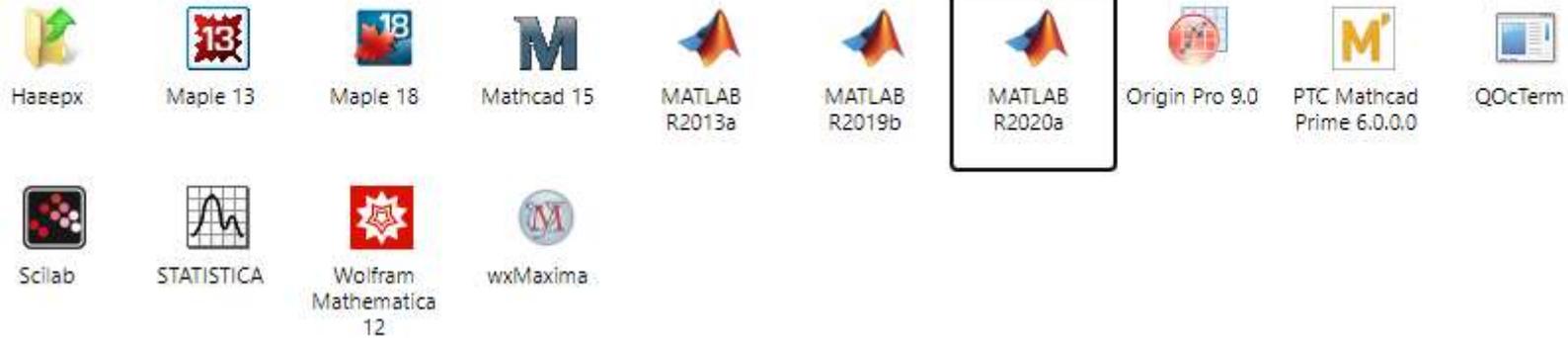


Планирова...
и
организация



Учет
контингента
студентов

Текущая папка: /Математические



tpu\login

**Основные понятия и
величины,
характеризующие
электрическую цепь**

**Электрическая цепь – это
совокупность устройств,
предназначенных для прохождения
электрического тока**

$$i = \frac{dq}{dt}, \quad \text{А} = \frac{\text{Кл}}{\text{с}}$$

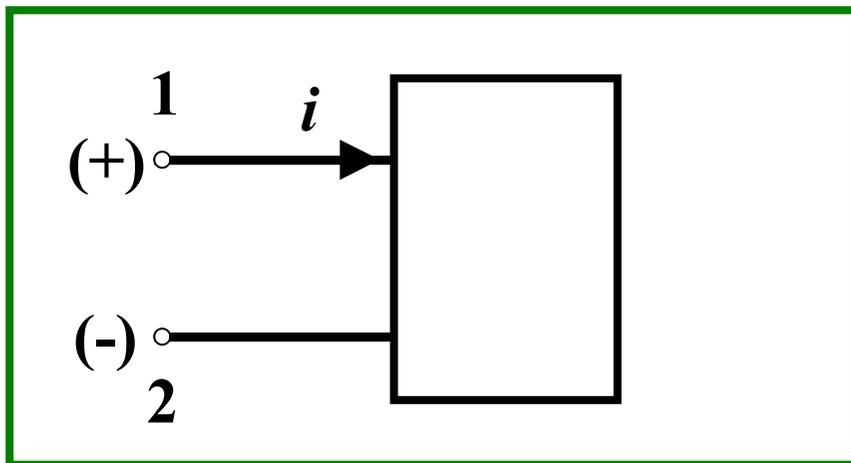
q — заряд [Кл]

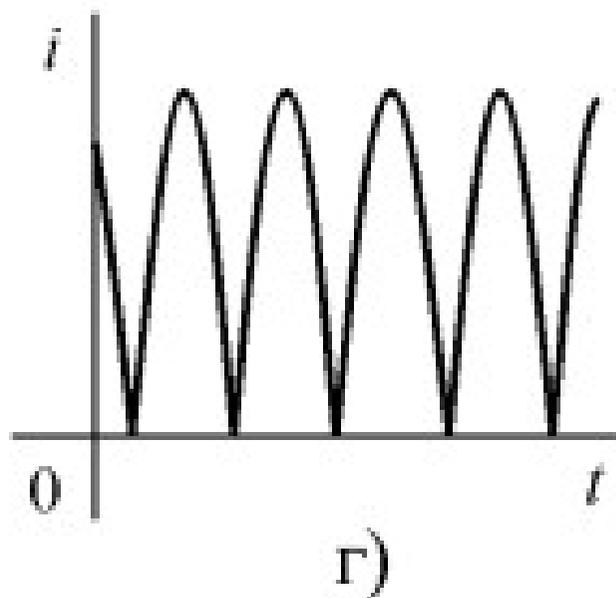
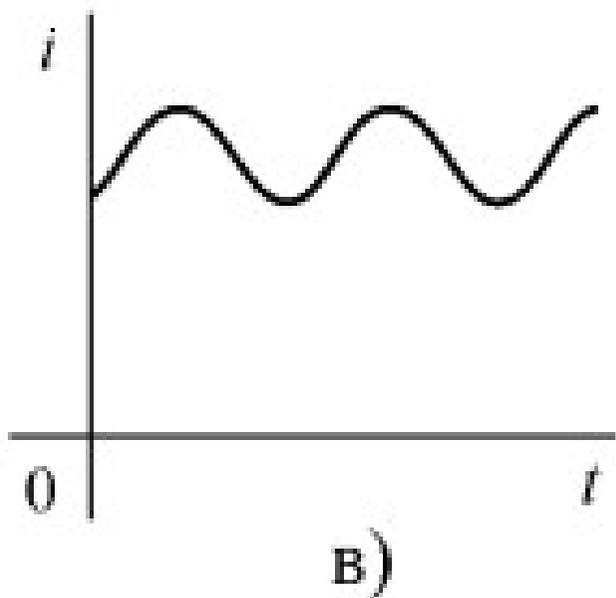
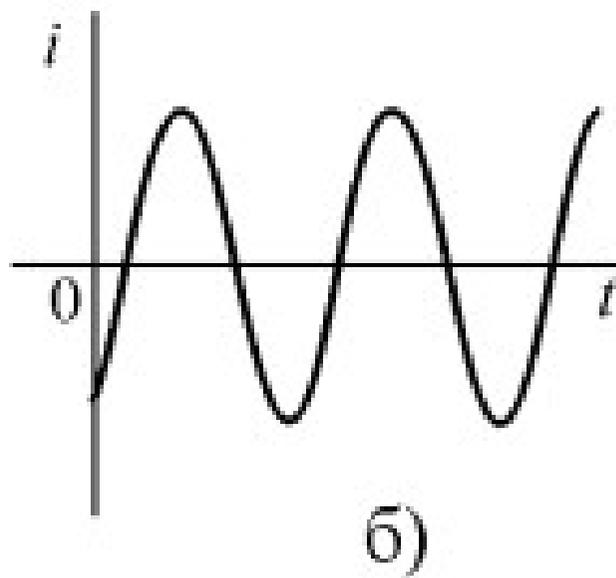
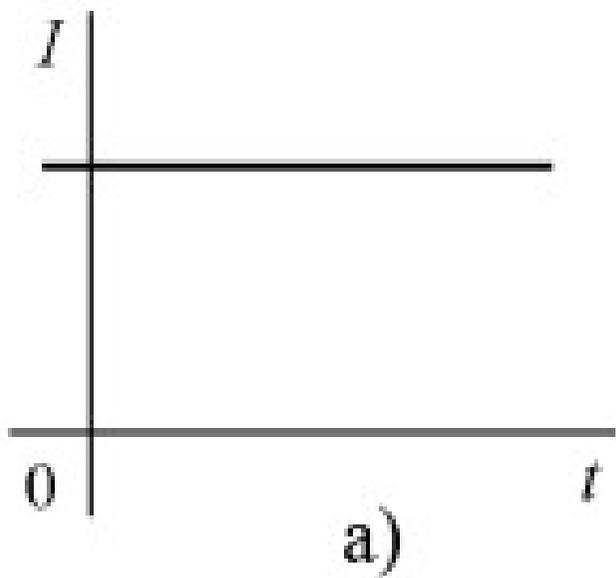
Электрический ток в

проводнике — это направленное

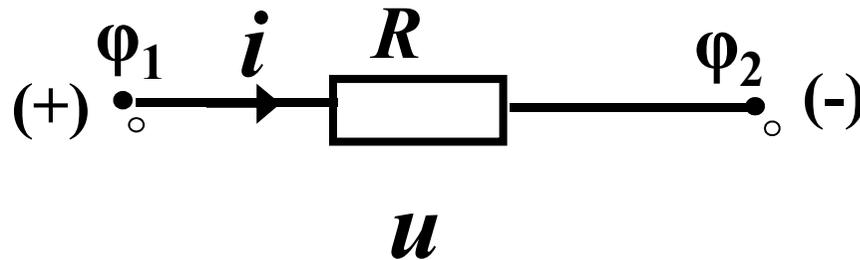
движение электрических

зарядов





Потенциал точки φ [В] – это работа по перемещению единичного заряда из бесконечности в данную точку.



Напряжение – это работа, затраченная на перемещение заряженных частиц по участку цепи к величине перемещенного заряда (или разность потенциалов между двумя точками электрического поля) [В]

$$u = \frac{A}{q} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В} \right]$$

Мгновенная мощность характеризует преобразование энергии на участке цепи и равна скорости изменения этой энергии

$$p = \frac{dW}{dt} = ui \quad [\text{Вт}]$$

$$P = UI$$

Источники – это устройства, в которых происходит процесс преобразования различных видов энергии в электромагнитную (генераторы, гальванические элементы, аккумуляторы и т.д.).



<http://zeus.uaprom.net/>

Приемники – это устройства, в которых электромагнитная энергия превращается в другие виды энергии: световую (электрические лампы), тепловую (электронагревательные приборы), механическую (двигатели) и т.д.



Каждый источник электрической энергии характеризуется электродвижущей силой – ЭДС.

ЭДС – это работа сторонних сил источника, затраченная на перемещение единичного заряда внутри источника от меньшего потенциала к большему.

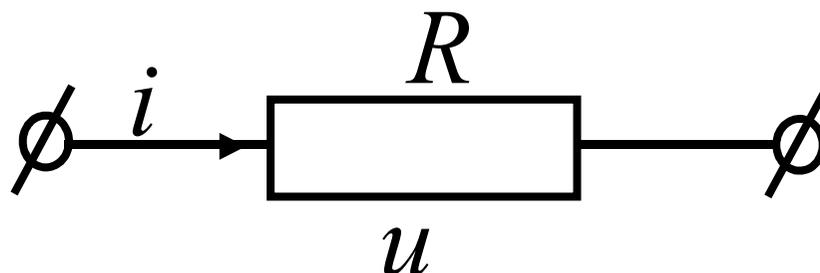
**При расчете электрической цепи ее заменяют
схемой замещения, которая отображает
свойства реальной цепи. Схемы замещения
состоят из активных и пассивных элементов.
Это идеальные элементы, математическое
описание которых отражает процессы,
происходящие в цепи.**

Активные элементы: источники ЭДС и
источники тока.

Пассивные элементы: резистивные,
индуктивные и емкостные элементы.

Пассивные линейные элементы

1. Резистивный элемент необратимо преобразует электромагнитную энергию в тепло.



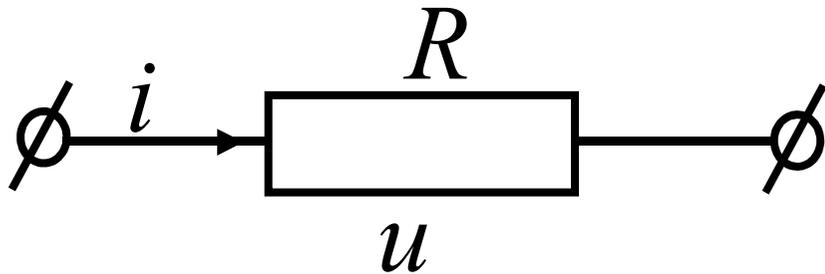
R [Ом] – сопротивление, характеризующее способность элемента препятствовать протеканию тока.

$$g = \frac{1}{R} \quad [\text{СМ}] \text{ - проводимость}$$

Мгновенная мощность, поступающая в сопротивление

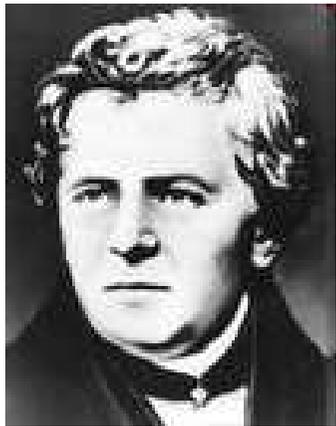
$$p = u \cdot i = R \cdot i^2 = g \cdot u^2$$

Закон Ома



$$U = i \cdot R$$

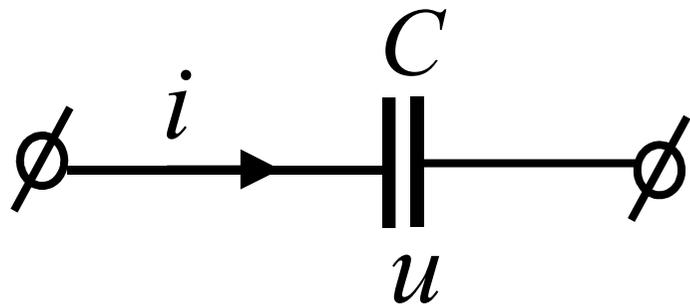
Впервые (для металлов) его установил немецкий ученый
Георг Ом в 1826 г.



1787 – 1854 г

$$i = \frac{U}{R}$$

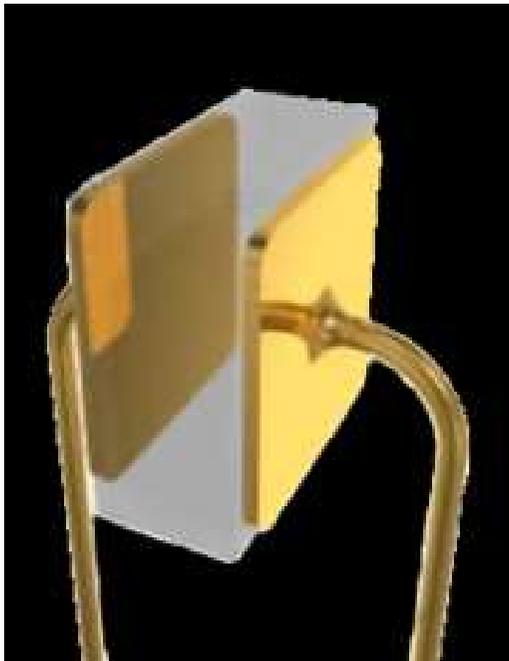
2. Емкостной элемент – это элемент, приближенно заменяющий конденсатор, в котором накапливается энергия электрического поля:



$$W_{\text{эл}} = \frac{C \cdot u^2}{2}$$

Емкость – это коэффициент пропорциональности между зарядом обкладки конденсатора и напряжением между его обкладками

$$C = \frac{q}{u} \quad [\Phi]$$

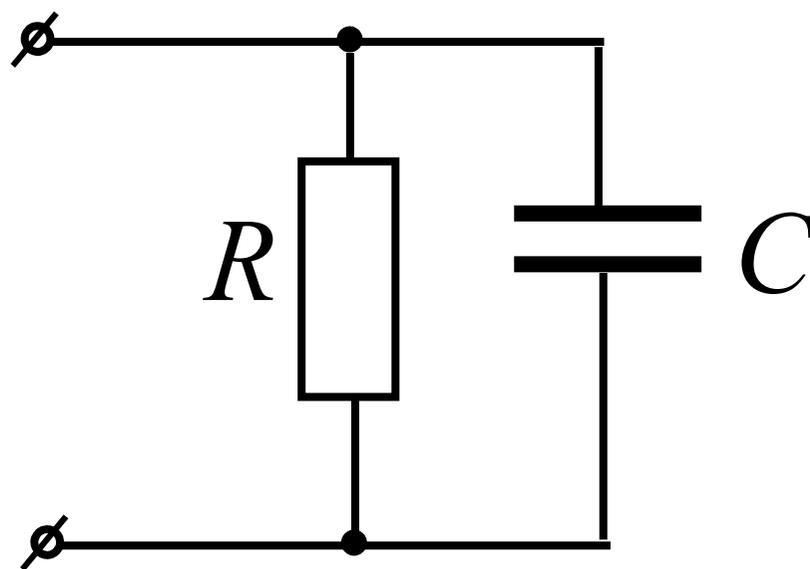


Основа конструкции конденсатора — две токопроводящие обкладки, между которыми находится диэлектрик

Связь между током и напряжением на емкостном элементе

$$i = C \frac{du}{dt} \qquad u = \frac{1}{C} \int i dt$$

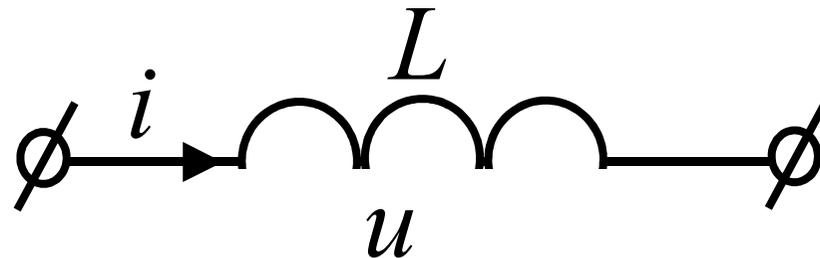
Схема замещения реального конденсатора



3. Индуктивный элемент – это элемент, приближенно заменяющий индуктивную катушку, в котором накапливается энергия магнитного поля:



$$W_M = \frac{Li^2}{2}$$



Индуктивность L – это коэффициент пропорциональности между потокосцеплением и током, текущим через катушку:

$$L = \frac{\Psi}{i} [\text{Гн}]$$

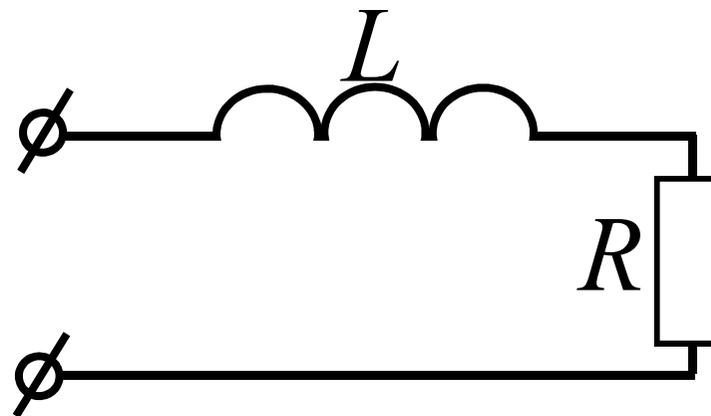
Если все витки пронизываются одним магнитным потоком, то потокосцепление равно произведению магнитного потока Φ на число витков w :

$$\Psi = \Phi \cdot w [\text{Вб}]$$

Связь между током и напряжением на ИНДУКТИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

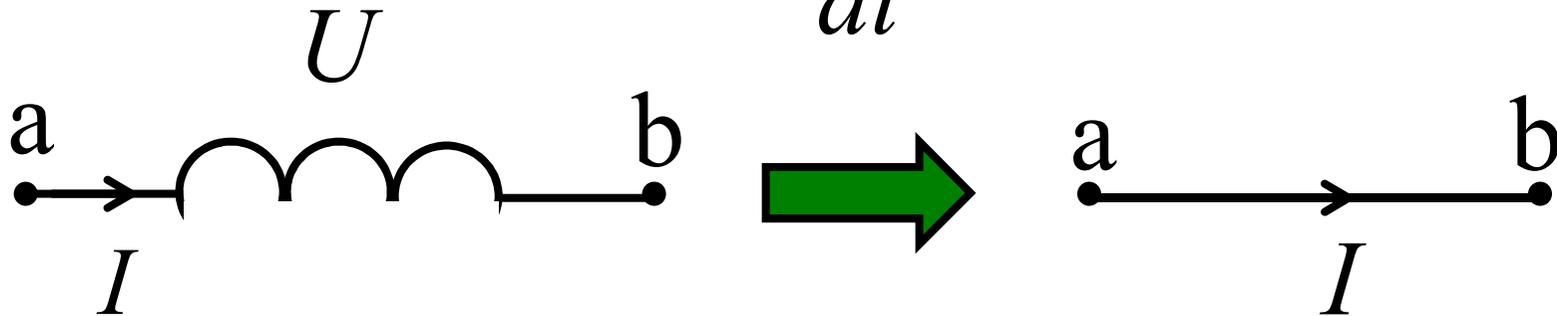
$$u = L \frac{di}{dt} \quad i = \frac{1}{L} \int u dt$$

Схема замещения индуктивной катушки



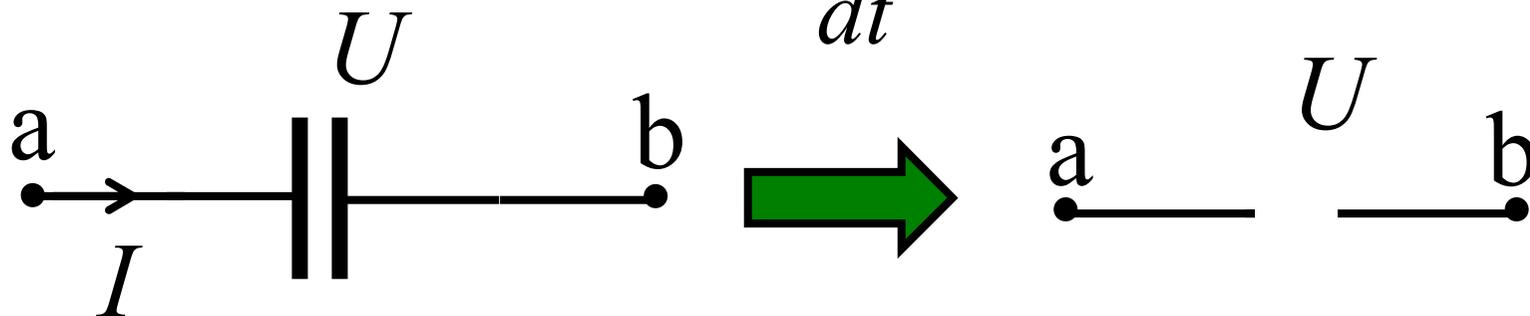
1. При постоянном токе индуктивный элемент -
“закоротка”:

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

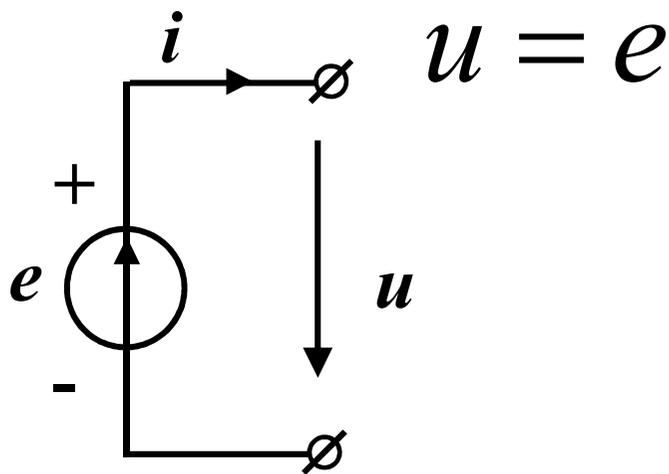


2. При постоянном напряжении емкостный элемент -
“разрыв”:

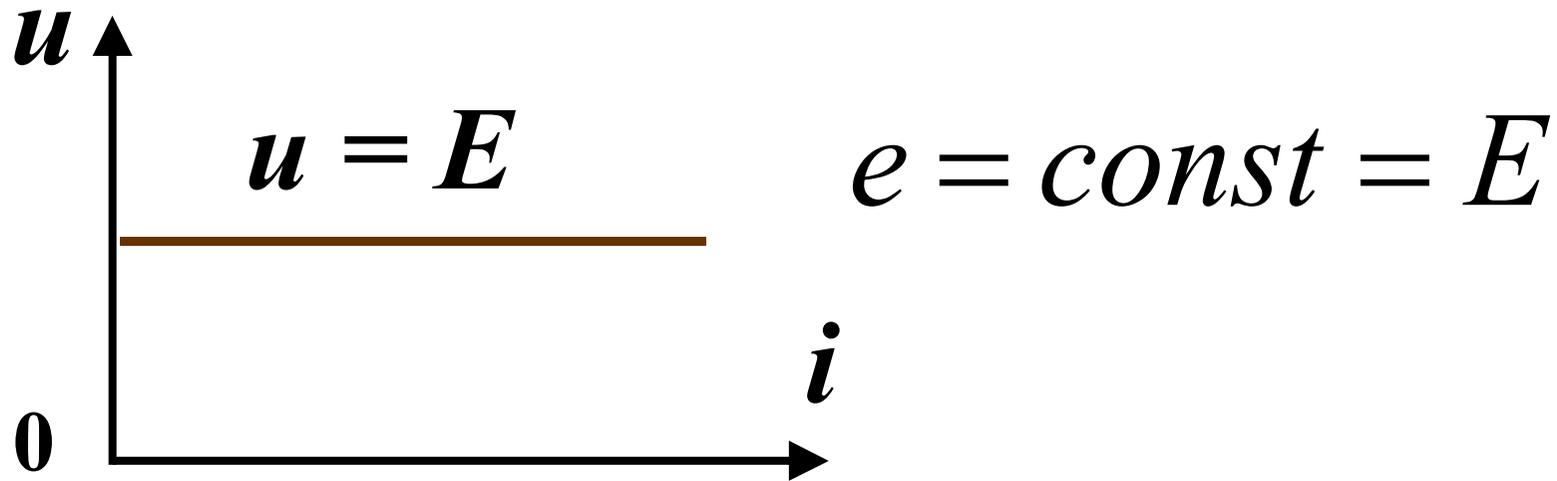
$$I = C \frac{dU}{dt} = 0$$



Источник ЭДС – это источник, напряжение на зажимах которого не зависит от величины протекающего через него тока и внутреннее сопротивление которого равно нулю.



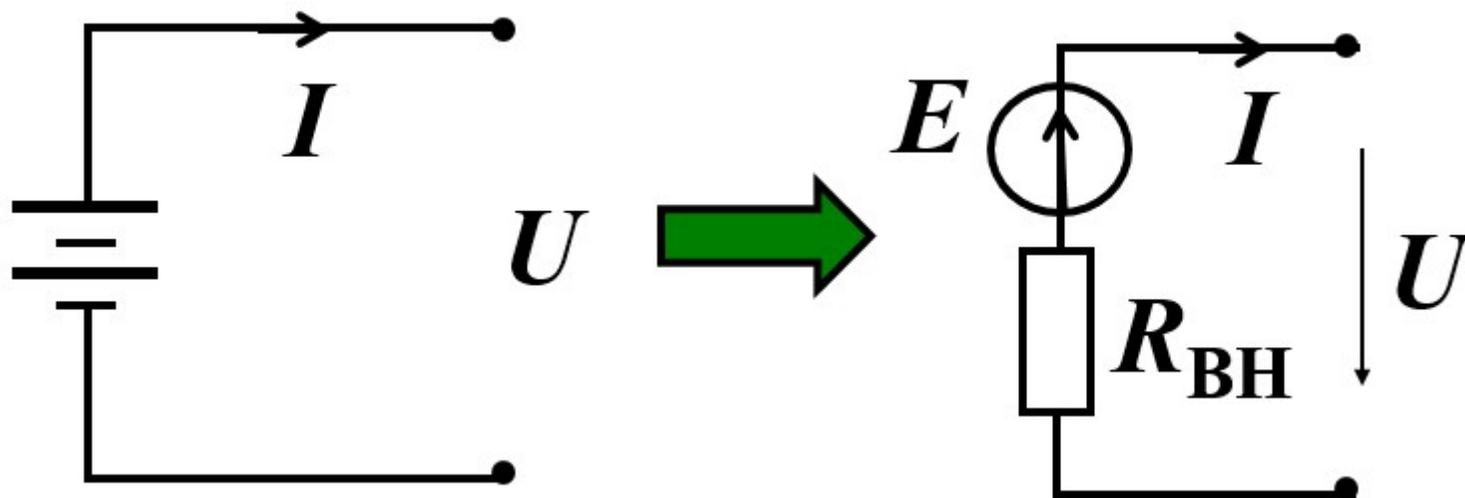
Внешняя характеристика



Мощность источника ЭДС

$$p = e \cdot i$$

Схема замещения аккумулятора:



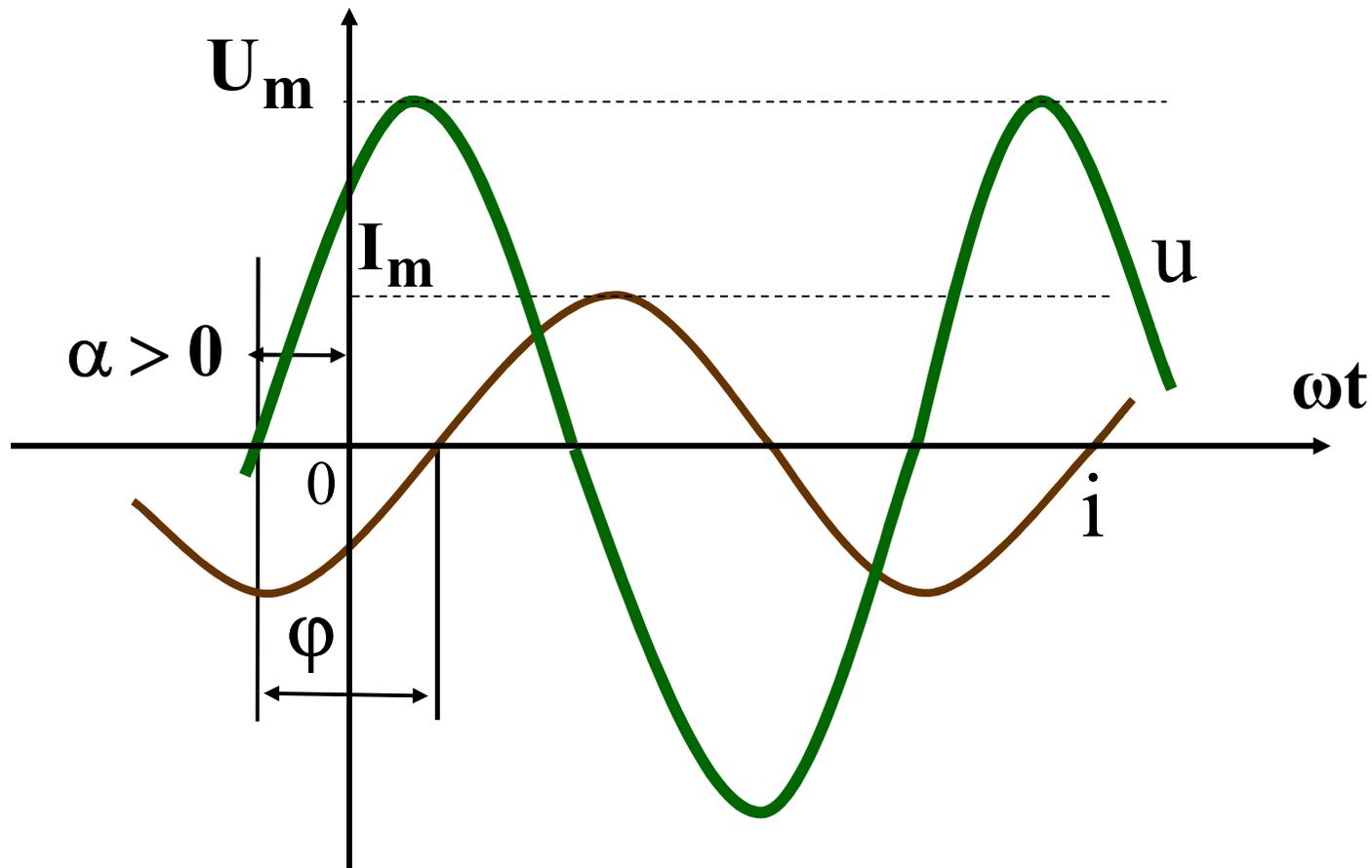
Однофазные цепи синусоидального тока

Напряжения, токи и ЭДС называются *переменными*, если их значения изменяются во времени.

Их значения в любой данный момент времени называются *мгновенными* (i , u , e).

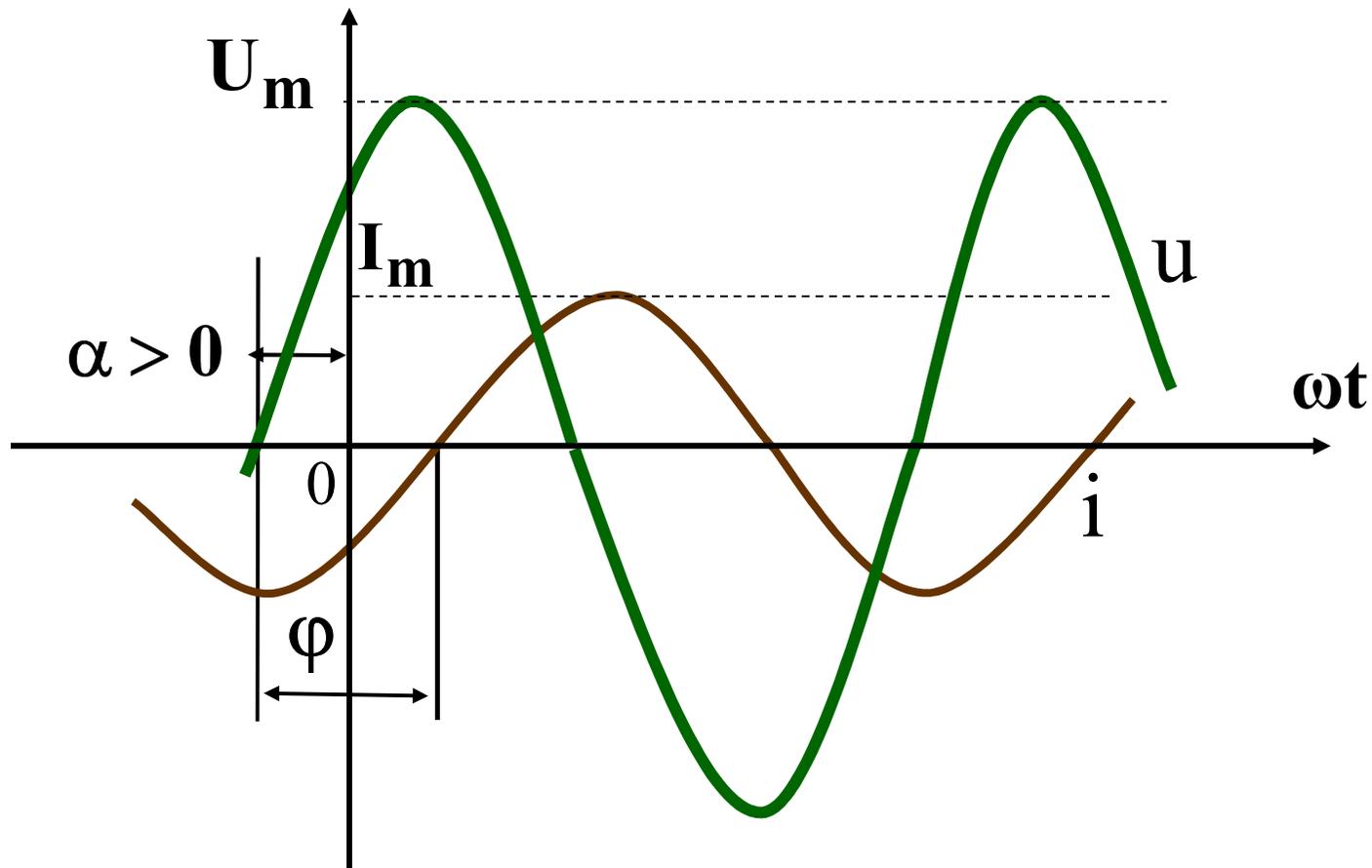
Представление синусоидальных величин в виде графиков

$$u = U_m \sin(\omega t + \alpha) \quad i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$$



Представление синусоидальных величин в виде графиков

$$u = U_m \sin(\omega t + \alpha) \quad i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$$



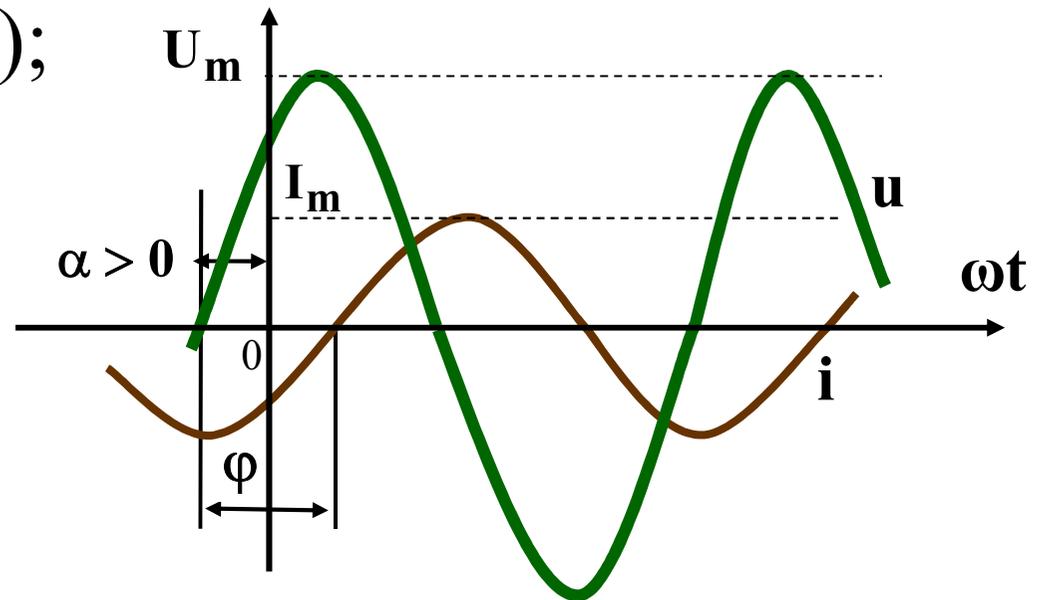
где:

I_m и U_m - максимальные значения тока и напряжения;

α - начальная фаза напряжения (град или рад);

φ - угол сдвига фаз между напряжением и током (град или рад);

t - время (с)



$f = 50$ Гц - частота

$\omega = 2\pi f = 314$ рад/с – угловая частота

**Действующее значение
гармонического тока i
численно равно такому
постоянному току I , который
за время T в том же
сопротивлении R выделяет
такое же количества тепла W**

Действующее значение тока

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Действующее значение напряжения

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

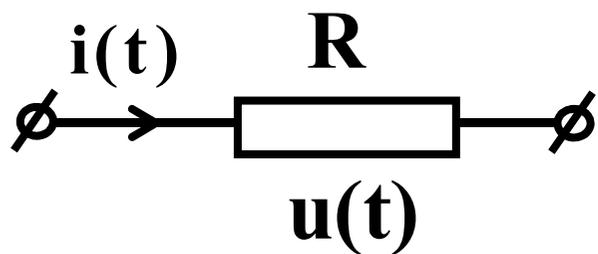
**Действующие значения тока
и напряжения не зависят
от угловой частоты
и начальной фазы**

$$\begin{aligned}i &= I_m \sin(\omega t + \alpha) = \\ &= \sqrt{2}I \sin(\omega t + \alpha)\end{aligned}$$

Поведение пассивных элементов в цепях синусоидального тока

$$i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i)$$

Резистивный элемент

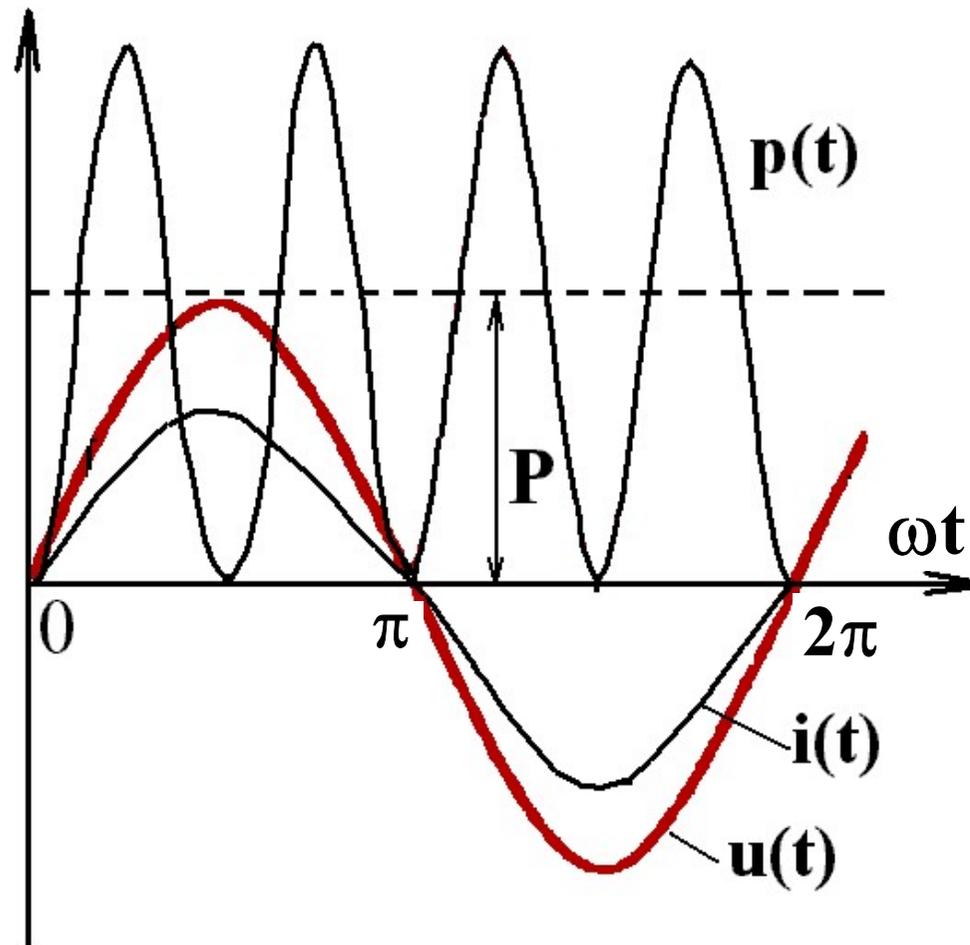


$$u = R \cdot i = R\sqrt{2}I \sin(\omega t + \psi_i) = \\ = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \psi_i)$$

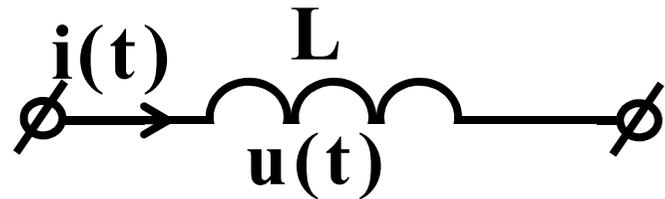
Тогда $U = R \cdot I,$ $\varphi = \psi_i - \psi_i = 0$

**На резистивном элементе ток и напряжение
совпадают по фазе**

Мгновенная активная мощность: $p = u \cdot i$



ИНДУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ



$$i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$u = L \frac{di}{dt} = \omega L I \sqrt{2} \cos(\omega t + \psi_i) =$$

$$x_L I \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i + 90^\circ) = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \psi_u)$$

где $x_L = \omega L$ - **индуктивное сопротивление (Ом)**

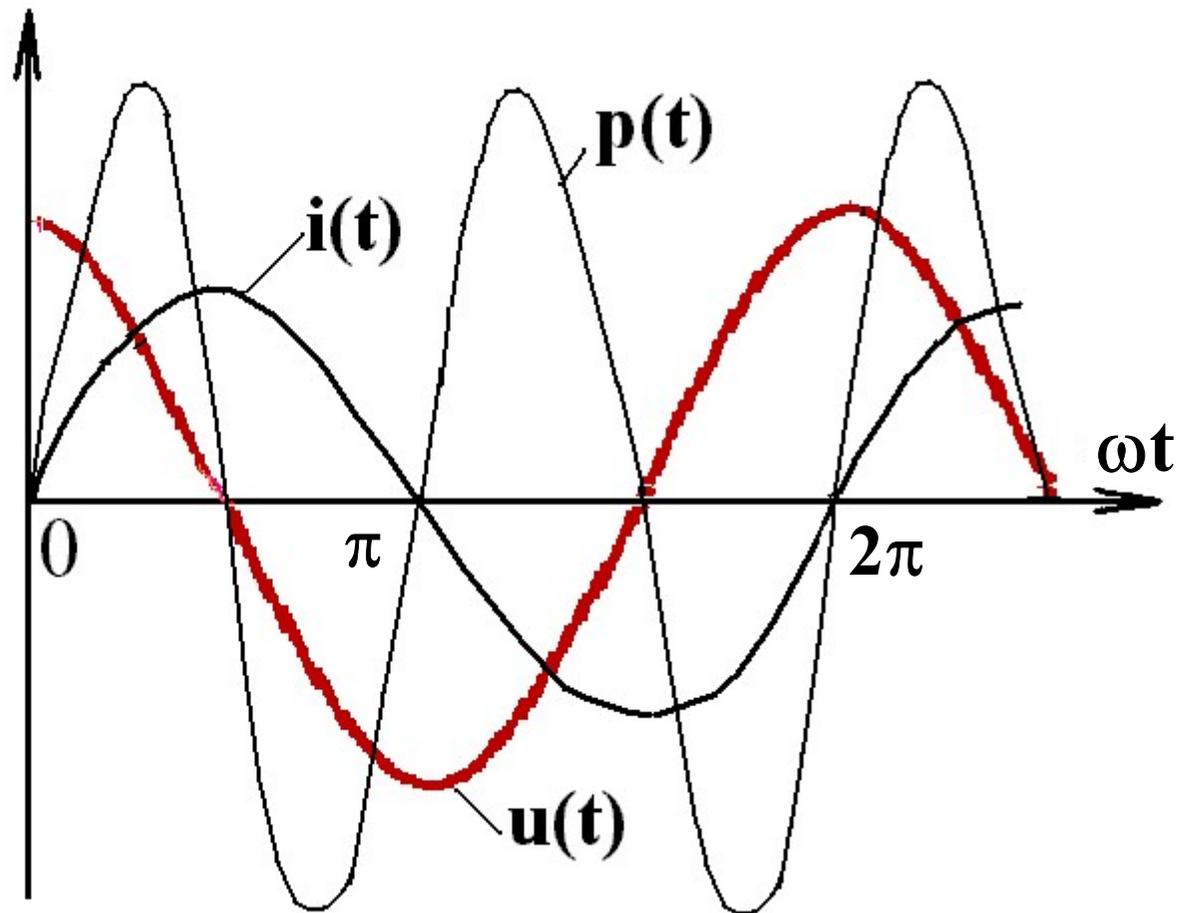
$$\varphi = \psi_u - \psi_i = 90^\circ$$

Напряжение индуктивности опережает ток на 90°

Когда $p \geq 0$ индуктивный элемент потребляет энергию, которая запасается в магнитном поле

когда $p \leq 0$ запасенная энергия возвращается в сеть.

Средняя за период T активная мощность $P=0$.



Емкостный элемент

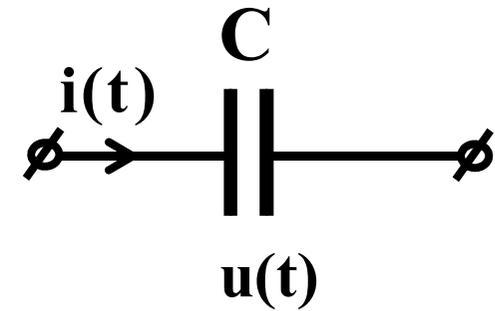
$$u = \frac{1}{C} \int i dt = -\frac{I\sqrt{2}}{\omega C} \cos(\omega t + \psi_i) =$$

$$= x_C I \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ) = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \psi_u)$$

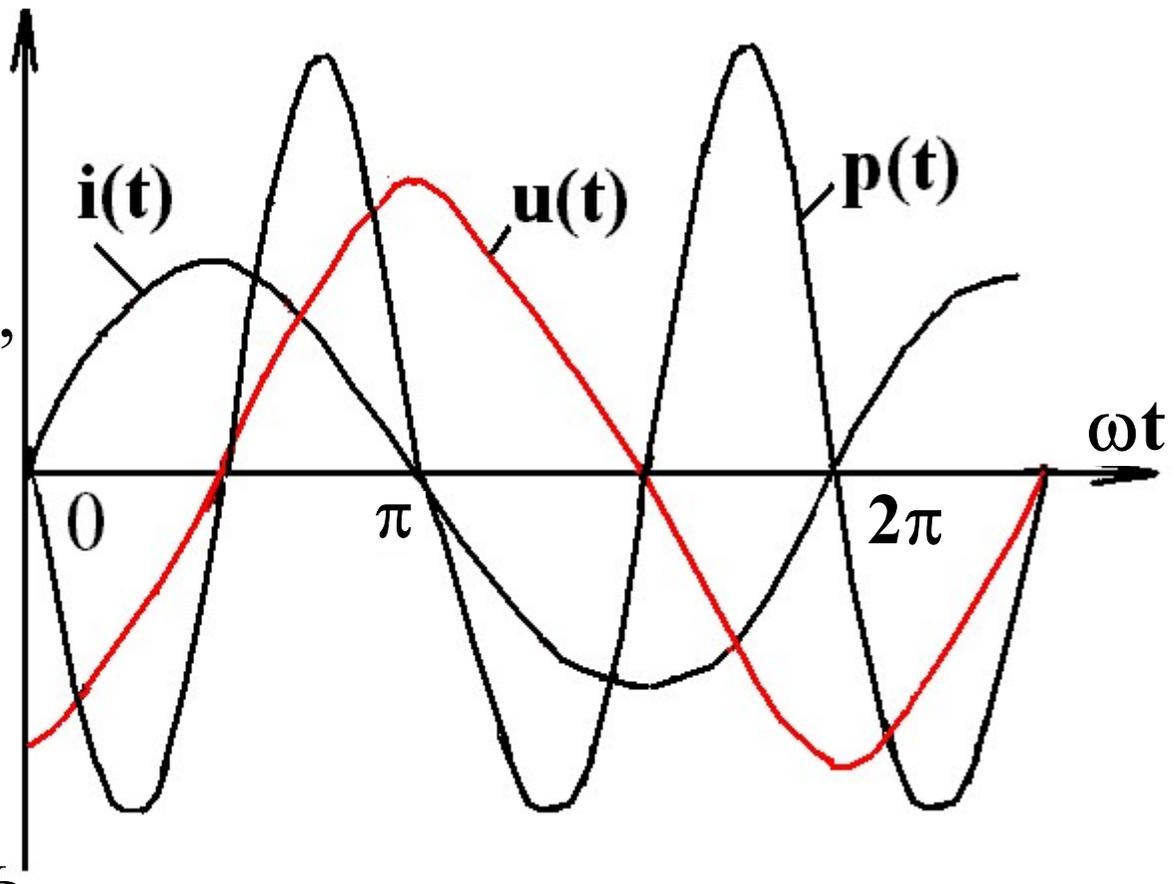
$$x_C = \frac{1}{\omega C} \text{ - емкостное сопротивление (Ом)}$$

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = -90^\circ$$

Напряжение емкости отстает от тока на 90°



Когда $p \geq 0$
емкостной элемент
потребляет энергию,
которая запасается
в электрическом
поле;
когда $p \leq 0$
запасенная энергия
возвращается в сеть.



Средняя за период T активная мощность $P=0$.

Законы Кирхгофа



Кирхгоф (Kirchhoff) Густав Роберт

1824-1887г.

**немецкий физик, член Берлинской АН,
член-корреспондент Петербургской АН.**

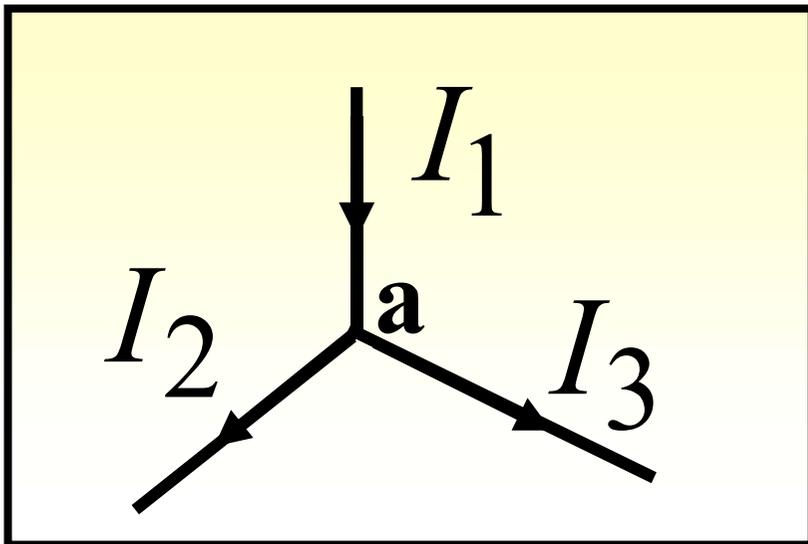
Первый закон Кирхгофа:

алгебраическая сумма токов в узле равняется нулю (токи, вытекающие из узла, считаются положительными, а втекающие – отрицательными):

$$\sum (\pm i_k) = 0$$

Физический смысл этого закона прост: если бы он не выполнялся, в узле непрерывно накапливался бы электрический заряд, а этого никогда не происходит.

Например:



узел а:

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

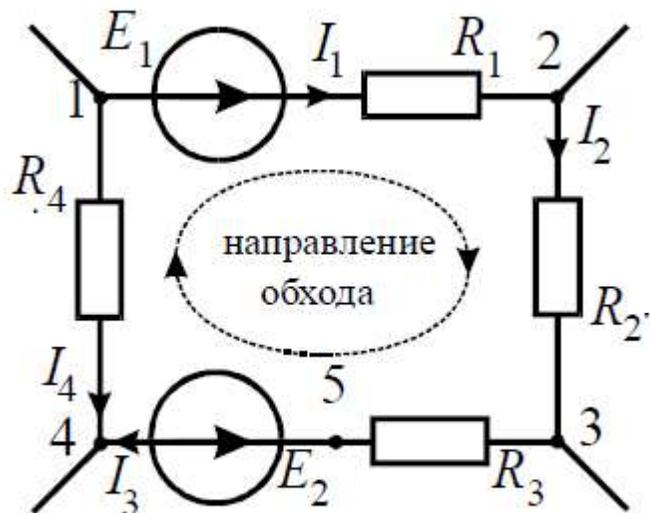
Второй закон Кирхгофа:

в контуре алгебраическая сумма падений напряжения на пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС.

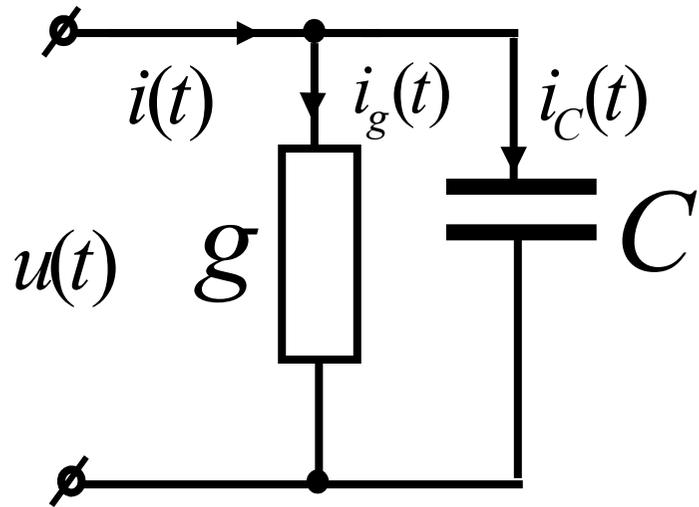
с “+” берутся все слагаемые, положительное направление которых совпадает с выбранным обходом контура:

$$\sum_{k=1}^n \pm u_k = \sum_{k=1}^m \pm e_k$$

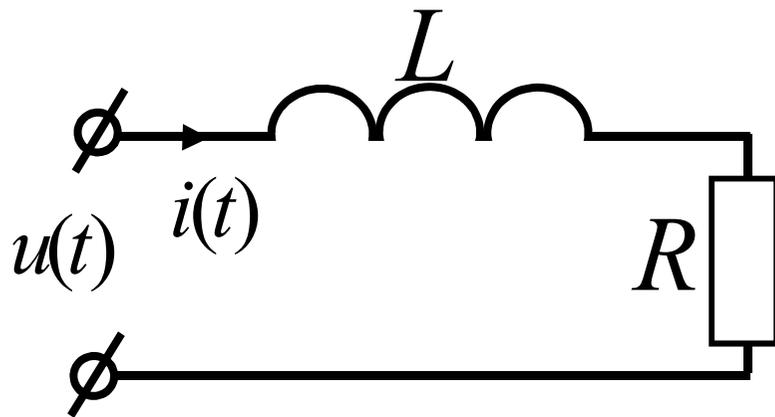
Например:



$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4 = E_1 - E_2$$



$$i(t) = i_g(t) + i_C(t) = u(t)g + C \frac{du}{dt}$$



$$i(t)R + L \frac{di(t)}{dt} = u(t)$$

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{u(t)}{L} - i(t) \frac{R}{L}$$

Трехфазные цепи

**образуются тремя электрически
связанными
фазами (цепями) А, В, С,
в каждой из которых действуют одинаковые
ЭДС одной и той же частоты, сдвинутые
по фазе друг относительно
друга на 120° . К фазам подключаются
нагрузки, соединенные звездой или
треугольником**

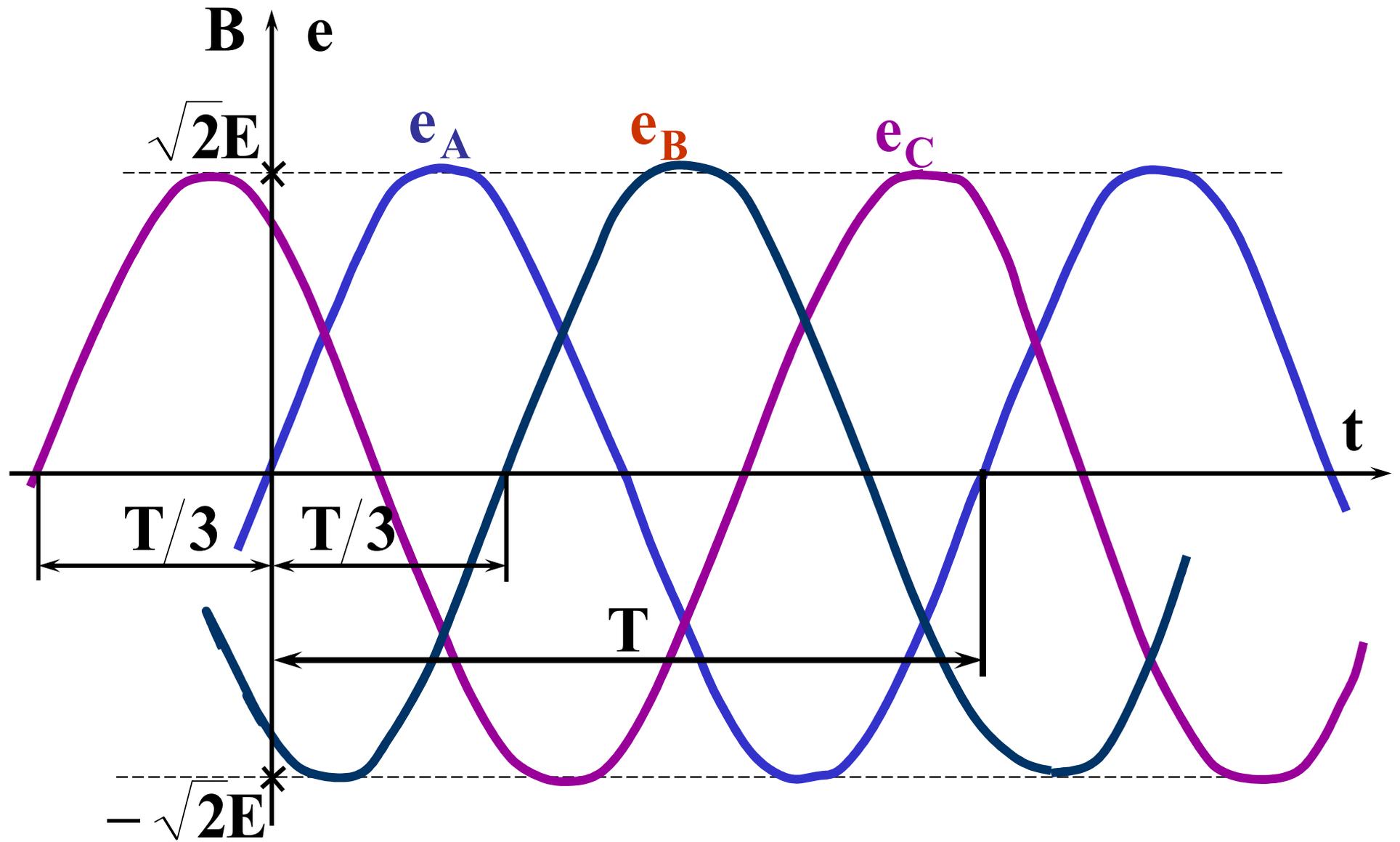
Преимущества:

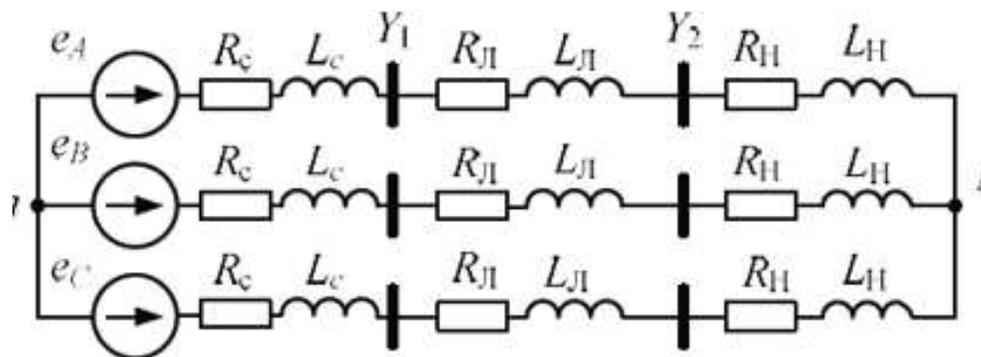
- экономичность передачи электроэнергии на большие расстояния;
- возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, необходимого для работы как асинхронного, так и синхронного двигателя;
- возможность получения в одной установке двух эксплуатационных напряжений – фазного и линейного.

$$e_A = E_m \sin(\omega t)$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$





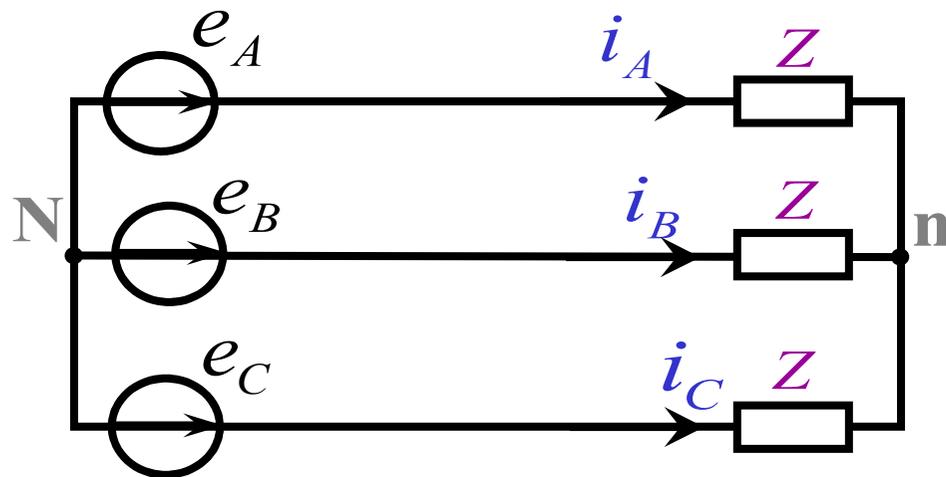
$$\underline{R} := R_c + R_{\text{Л}} + R_{\text{H}}$$

$$\underline{X} := \omega \cdot (L_c + L_{\text{Л}} + L_{\text{H}})$$

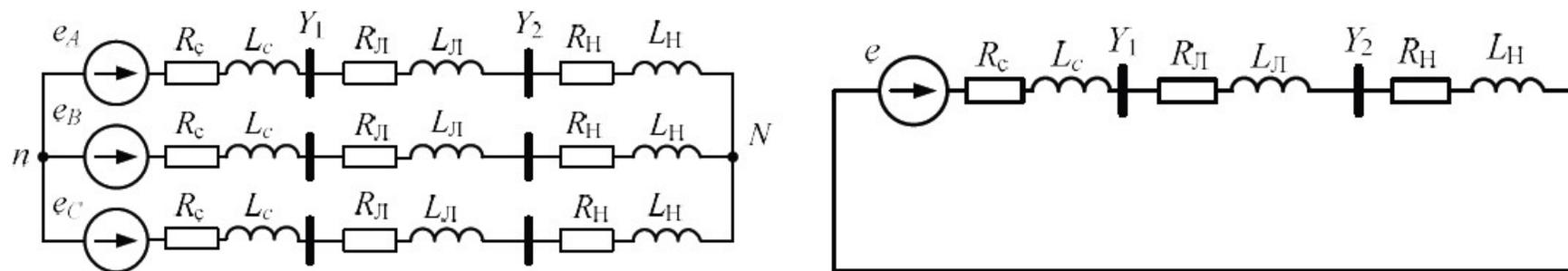
$$\underline{Z} := \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\varphi := \text{atan}\left(\frac{X}{R}\right)$$

$$\underline{I}_m := \frac{E_m}{Z}$$



$$i_a(t) := I_m \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi) \quad i_b(t) := I_m \cdot \sin(\omega \cdot t - 120 \cdot \text{deg} - \varphi) \quad i_c(t) := I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + 120 \cdot \text{deg} - \varphi)$$



Однолинейная схема электроснабжения является техническим документом, на котором отображаются все элементы электрической сети объекта с указанием их характеристик и параметров, а также установленная и расчётная мощности объекта в целом.

Термин «**однолинейная**» означает, что все электрические соединения, существующие на объекте, вне зависимости от их фазности, на **схеме** отображаются одной линией.