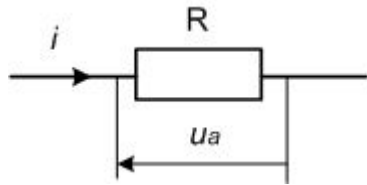


# Идеализированные линейные элементы однофазных цепей синусоидального тока

## 1. Идеальный активный элемент



**Активное сопротивление**

Идеальным активным сопротивлением  $R$  называется элемент цепи, в котором электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию или полезную механическую работу.

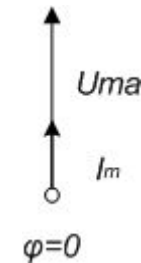
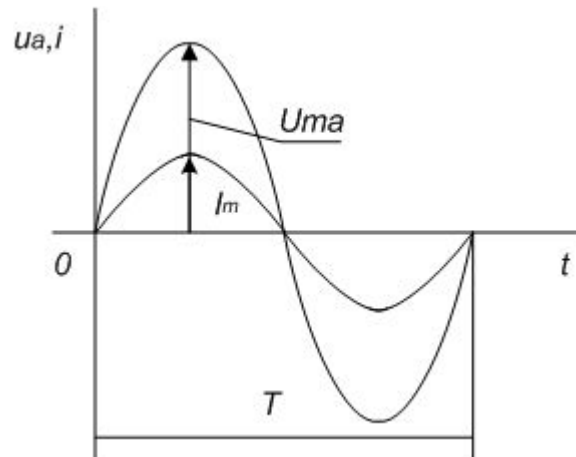
Идеальный активный элемент не имеет ни магнитных, ни электрических полей.

Поэтому он не запасает внутри себя энергию.

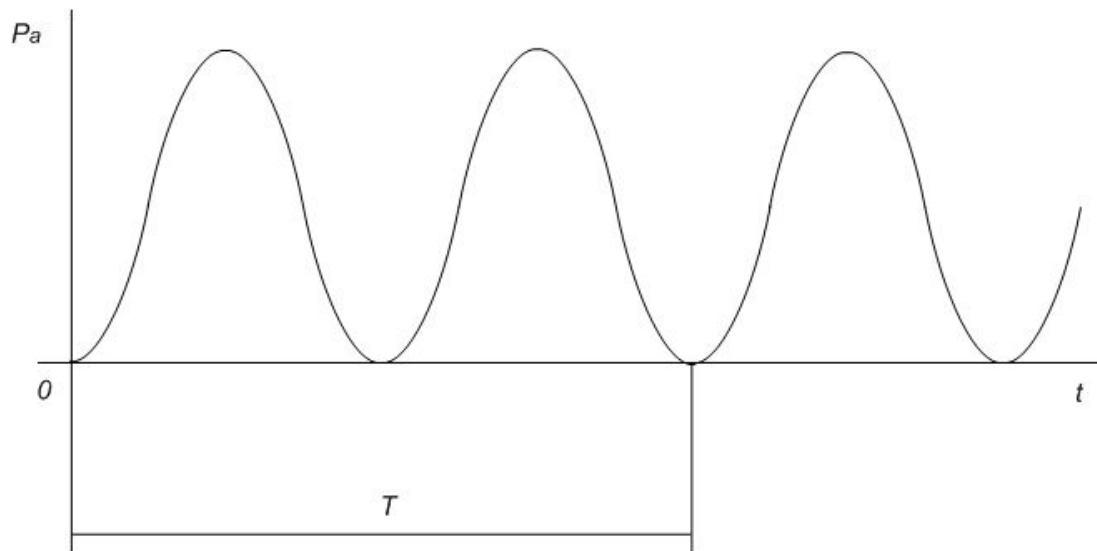
$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u_a = R \cdot i = R \cdot I_m \sin \omega t = U_{ma} \sin \omega t$$

$$P_a = u_a \cdot i = R \cdot I_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t = R I_m^2 \sin^2 \omega t$$



Графики тока и напряжения на активном элементе



### График колебания мощности на активном элементе

С энергетической точки зрения,

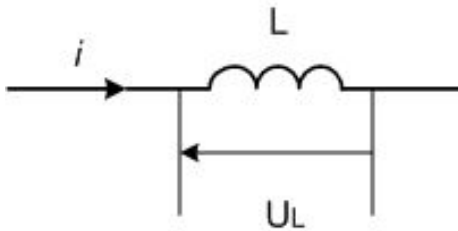
положительная мощность, это мощность, которая поступает из генератора в нагрузку, а отрицательная, которая возвращается обратно в генератор.

В активном сопротивлении транспорт энергии односторонний.

Односторонний транспорт энергии обеспечивает самую большую пропускную способность проводов электрических линий, следовательно, самый экономичный способ их использования.

Активный режим является самым энергетически выгодным и экономичным режимом работы цепи.

## 2. Идеальный индуктивный элемент



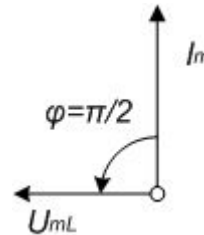
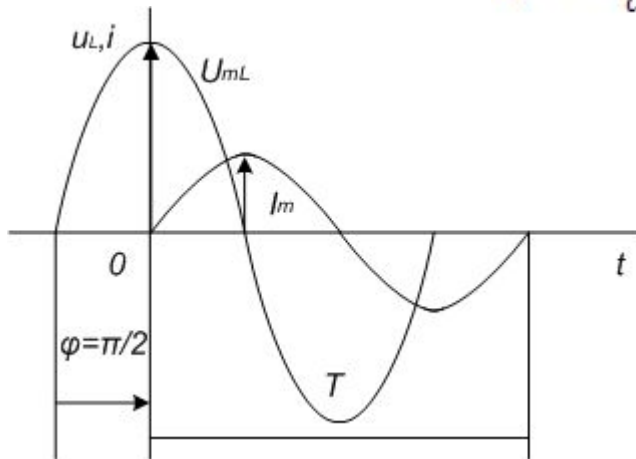
Идеальной индуктивностью  $L$ , называют элемент цепи, в котором электрическая энергия полностью преобразуется в энергию магнитного поля. Идеальный индуктивный элемент не имеет нагрева и электрических полей.

Индуктивность препятствует всякому изменению тока в цепи.

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

Индуктивный элемент

$$u_L = L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{d}{dt} \cdot (I_m \sin \omega t) = L I_m \omega \cos \omega t = L I_m \omega \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$



$$u_L = U_{mL} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Графики тока и напряжения на индуктивном элементе

Данный элемент запасает внутри себя энергию в виде магнитного поля. Энергия элемента определяется током, поэтому ток и отстает по фазе. В общем случае, в цепи переменного тока всегда отстает по фазе та величина, которая связана с энергией. На векторной диаграмме, та величина, которая встречается первой, при обходе против часовой стрелки, считается отстающей.

## Мощность, потребляемая индуктивным элементом от источника энергии

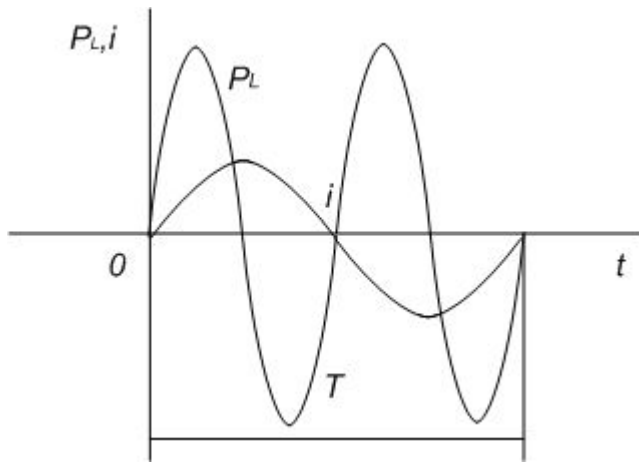


График колебания мощности на индуктивном элементе

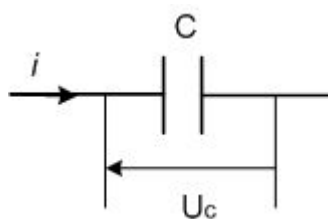
Из графика следует, что на идеализированной индуктивности мощность колеблется с удвоенной частотой. При этом мощность принимает как положительные, так и отрицательные значения.

За период изменения тока в цепи, поступление и возврат энергии в индуктивный элемент равны друг другу. Это значит, что, сколько энергии поступает в нагрузку, столько же и возвращается обратно в генератор.

Энергия здесь не тратится, она колеблется между генератором и нагрузкой, бесполезно загружая провода. Здесь существуют встречные потоки энергии, фактическое сечение проводов становится меньше геометрического, в результате пропускная способность линии снижается. В силовых цепях это вредный режим и от него приходится всеми средствами избавляться.

$$P_L = u_L i = L I_m \omega \cos \omega t I_m \sin \omega t = \omega L I_m^2 \sin 2\omega t$$

### 3. Идеальный емкостной элемент



Идеальной емкостью  $C$ , называют элемент цепи, в котором электрическая энергия полностью преобразуется в энергию электрического поля. Идеальный емкостный элемент не имеет нагрева и магнитных полей.

Емкость препятствует всякому изменению напряжения в цепи. Ток через емкость - это особый ток, поскольку он проходит по диэлектрику.

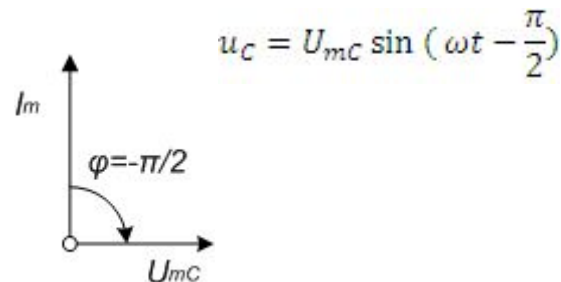
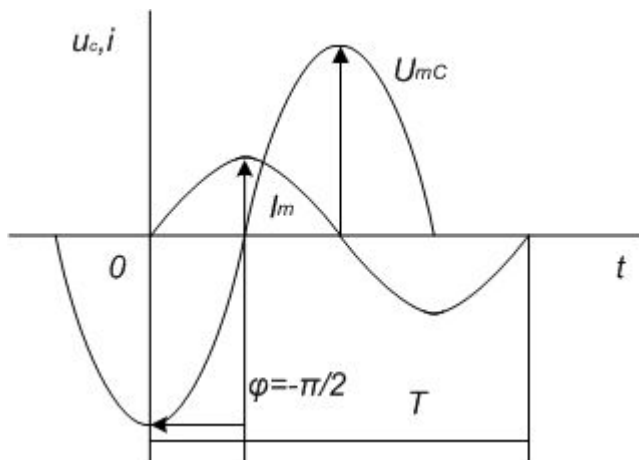
Это так называемый ток смещения.

$$i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

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

$$u_c = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int I_m \sin \omega t dt = \frac{I_m}{C\omega} \int I_m \sin \omega t dt = \frac{I_m}{C\omega} (-\cos \omega t)$$

Данный элемент запасает внутри себя энергию в виде электрического поля. Энергия элемента определяется напряжением, поэтому напряжение и отстает по фазе.



$$u_c = U_{mc} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Графики тока и напряжения на индуктивном

## Мощность, потребляемая емкостным элементом от источника энергии

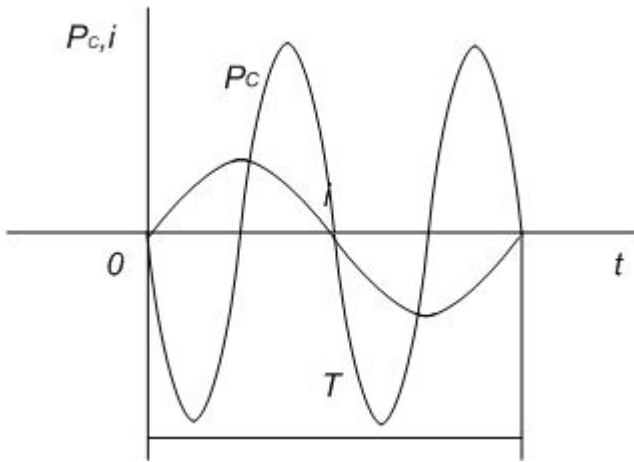


График колебания мощности на емкостном элементе

Из графика следует, что на идеализированной емкости мощность колеблется с удвоенной частотой. При этом мощность принимает как положительные, так и отрицательные значения. За период изменения тока, поступление и возврат энергии в емкостном элементе равны друг другу.

Это значит, что, сколько энергии поступает в нагрузку, столько же и возвращается обратно в генератор.

Энергия здесь, как и в случае с индуктивностью, не тратится, она колеблется между генератором и нагрузкой, бесполезно загружая провода. Встречные потоки энергии приводят к снижению фактического сечения проводов, в результате пропускная реактивная энергия на емкости противоположна по знаку реактивной энергии на индуктивности.

Это означает, что емкость и индуктивность стремятся поглотить друг друга, скомпенсировать друг друга. Такая

$$P_c = u_{ci} = \frac{1}{\omega C} I_m \cos \omega t \cdot I_m \sin \omega t = -\frac{1}{\omega C} I_m^2 \sin 2 \omega t$$

кतिकе, в частности



## Изображение синусоидальных функций времени комплексными числами (символический метод)



Чарлз Протеус  
Штейнмец

Символический метод основан на замене геометрического сложения векторов, сложением алгебраическим комплексных чисел, изображающих эти вектора.

