

Государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение «Волгоградский
технологический колледж»

Электрическая цепь переменного тока с последовательным включением конденсатора и катушки индуктивности

Копылов С.А.

А-2-1

Волгоград 2022

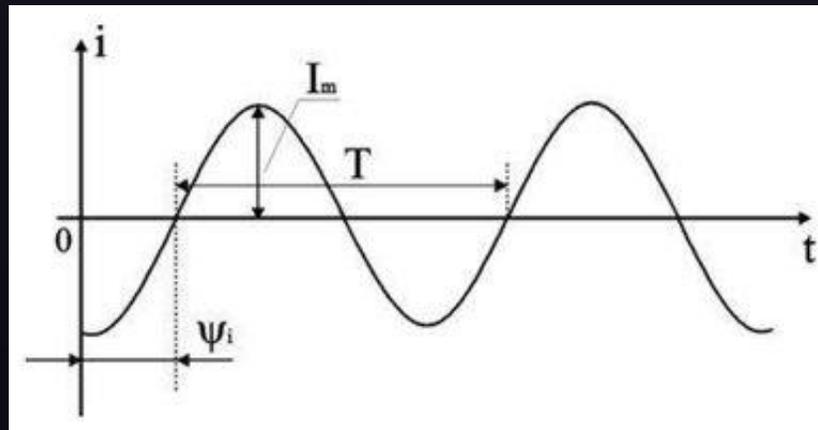
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

-это электрический ток, который с течением времени изменяется по величине и направлению или, в частном случае, изменяется по величине, сохраняя свое направление в электрической цепи неизменным



Наибольшее распространение получил периодический синусоидальный переменный ток. Он меняется по закону кривой-«синусоиды», изменения эти повторяются через равные промежутки времени.

Временная диаграмма такого переменного тока представляет графическое изображение синусоидальной величины в заданном масштабе в зависимости от времени



для тока

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i),$$

для напряжения

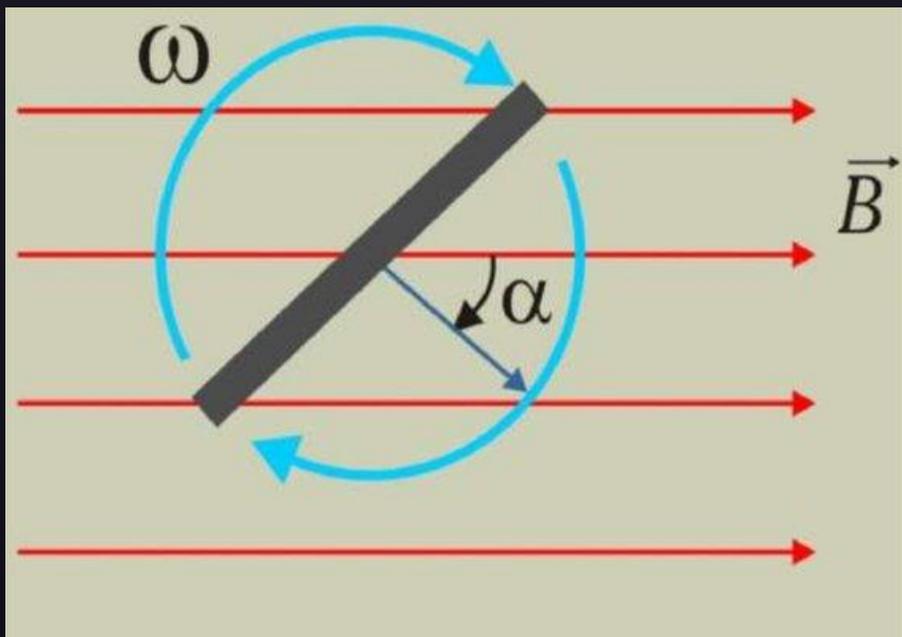
$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u),$$

для мощности

$$p(t) = P_m \sin(\omega t + \varphi_p).$$

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЭДС

Вращение рамки в магнитном поле



Основано на явлении ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Токпроводящую рамку равномерно вращают (угловая скорость) в однородном магнитном поле.

Значение угла α МЕЖДУ нормалью к рамке и вектором магнитной индукции $\alpha = \omega \cdot t$

Величина магнитного потока, пронизывающего рамку, изменяется со временем по гармоническому закону:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot S \cdot \cos \omega \cdot t$$

Конденсатор

Постоянный ток не может идти по цепи, содержащей конденсатор. Ведь фактически при этом цепь оказывается разомкнутой, так как обкладки конденсатора разделены диэлектриком. Переменный же ток может идти по цепи, содержащей конденсатор. В этом можно убедиться с помощью простого опыта.

Пусть у нас имеются источники постоянного и переменного напряжений, причем постоянное напряжение на зажимах источника равно действующему значению переменного напряжения. Цепь состоит из конденсатора и лампы накаливания (рис. 4.13), соединенных последовательно. При включении постоянного напряжения (переключатель повернут влево, цепь подключена к точкам AA') лампа не светится. Но при включении переменного напряжения (переключатель повернут вправо, цепь подключена к точкам BB') лампа загорается, если емкость конденсатора достаточно велика.

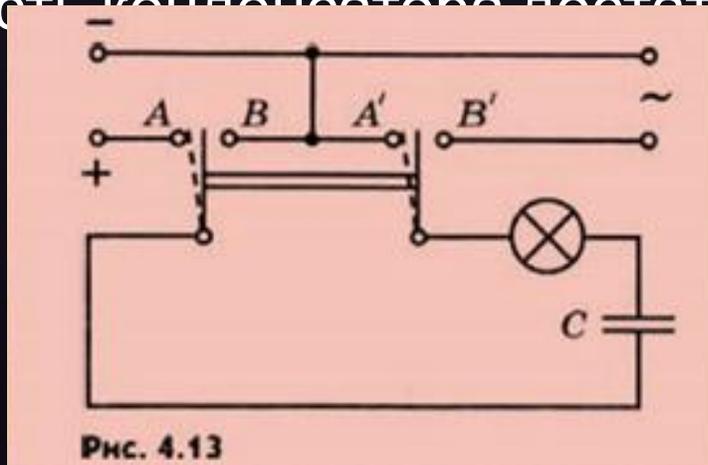
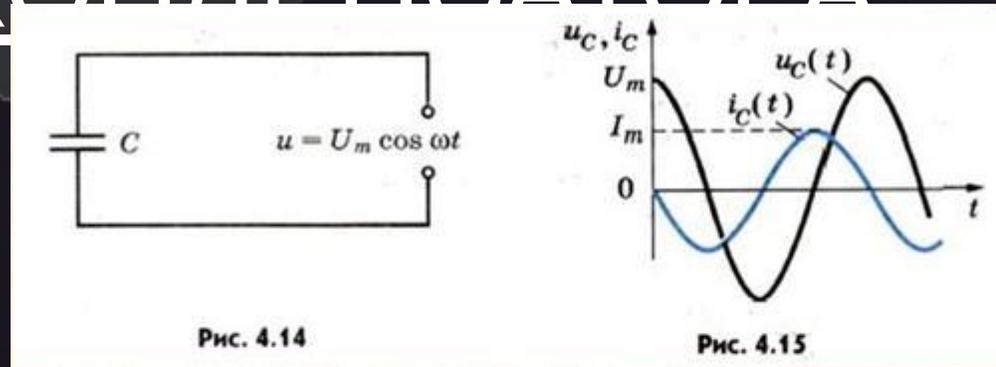


Рис. 4.13

ЗАРЯД КОНДЕНСАТОРА



Все дело в том, что происходит периодическая зарядка и разрядка конденсатора под действием переменного напряжения. Ток, идущий в цепи при перезарядке конденсатора, нагревает нить лампы.

Установим, как меняется со временем сила тока в цепи, содержащей только конденсатор, если сопротивлением проводов и обкладок конденсатора можно пренебречь (рис. 4.14).

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на концах цепи. Следовательно,
Заряд конденсатора меняется по гармоническому закону:

Сила

Тока

Сила тока, представляющая собой производную заряда по времени, равна:

$$i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (4.28)$$

Следовательно, колебания силы тока опережают по фазе колебания напряжения на конденсаторе на (рис. 4.15).

Амплитуда силы тока равна:

$$I_m = U_m C \omega. \quad (4.29)$$

Если ввести обозначение

$$\frac{1}{\omega C} = X_c \quad (4.30)$$

и вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то получим

$$I = \frac{U}{X_c}. \quad (4.31)$$

Величину X_c , обратную произведению ωC циклической частоты на электрическую емкость конденсатора, называют емкостным сопротивлением.

Емкостное

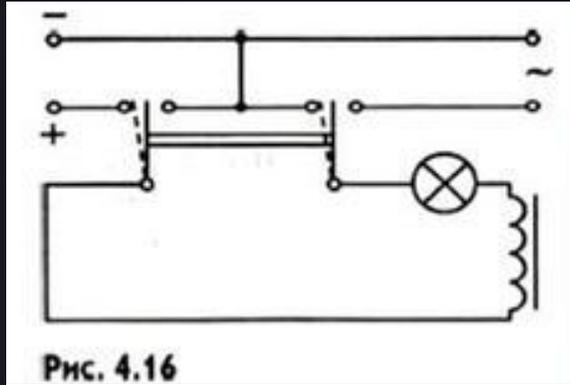
сопротивление

Действующее значение силы тока связано с действующим значением напряжения на конденсаторе точно так же, как связаны согласно закону Ома сила тока и напряжение для участка цепи постоянного тока. Это и позволяет рассматривать величину X_c как сопротивление конденсатора переменному току (емкостное сопротивление).

$$\frac{1}{\omega C} = X_c \quad (4.30)$$

В заключение отметим, что на протяжении четверти периода, когда конденсатор заряжается до максимального напряжения, энергия поступает в цепь и запасается в конденсаторе в форме энергии электрического поля. В следующую четверть периода, при разрядке конденсатора, эта энергия возвращается в сеть.

Катушка индуктивности в цепи переменного тока



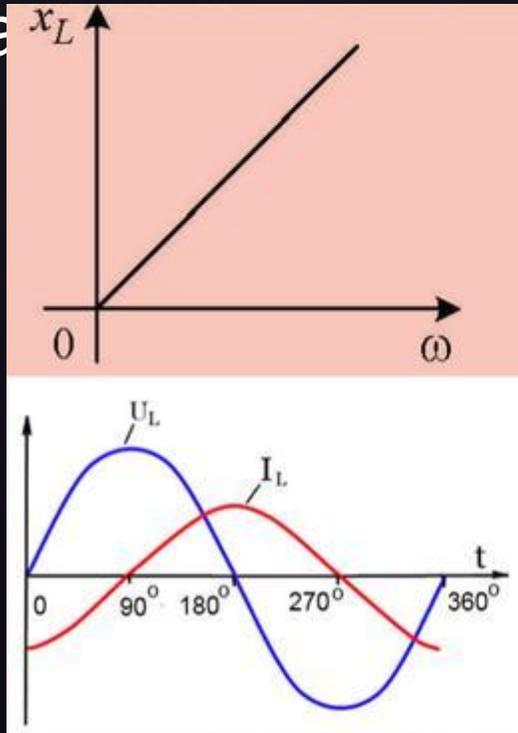
Соберем цепь из катушки с большой индуктивностью и электрической лампы накаливания (рис. 4.16). С помощью переключателя можно подключить эту цепь либо к источнику постоянного напряжения, либо к источнику переменного напряжения. При этом постоянное напряжение и действующее значение переменного напряжения должны быть равны. Опыт показывает, что лампа светится ярче при постоянном напряжении. Следовательно, действующее значение силы переменного тока в рассматриваемой цепи меньше силы постоянного тока.

Объясняется это различие явлением самоиндукции. В § 15 главы 2 рассказывалось о том, что при подключении катушки к источнику постоянного напряжения сила тока в цепи нарастает постепенно. Возникающее при этом вихревое электрическое поле тормозит движение электронов.

ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

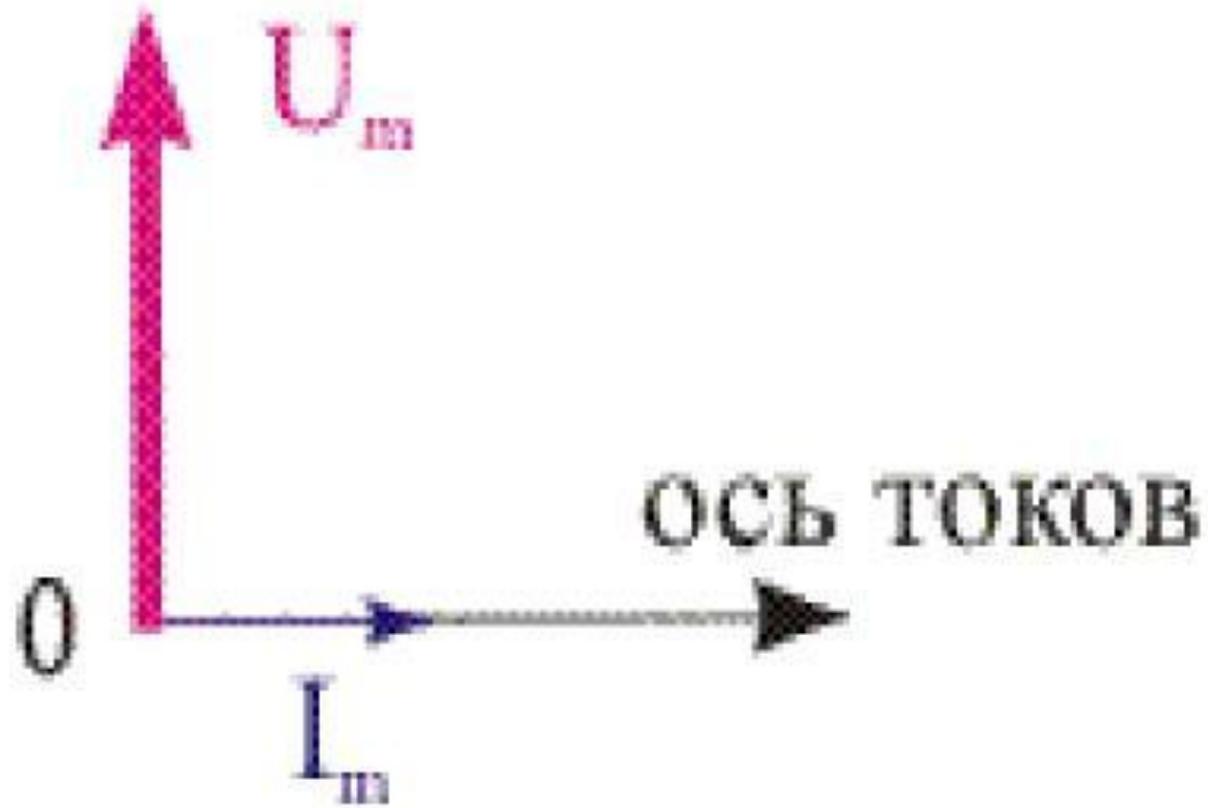
Согласно формуле (4.35) действующее значение силы тока связано с действующим значением напряжения и индуктивным сопротивлением соотношением, подобным закону Ома для цепи постоянного тока

$$I = \frac{U}{X_L} \quad (4.35)$$

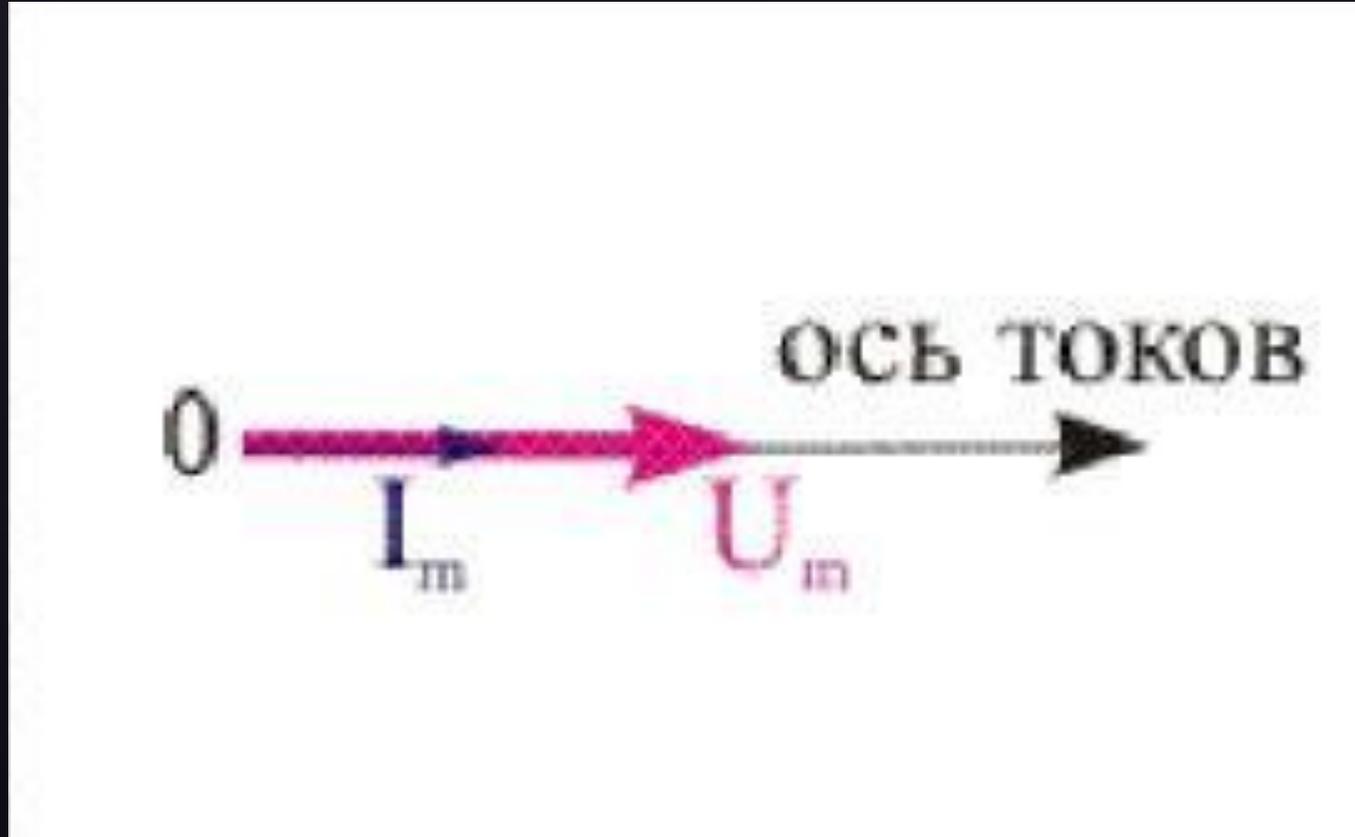


Индуктивное сопротивление зависит от частоты ω . Постоянный ток вообще «не замечает» индуктивности катушки. При $\omega = 0$ индуктивное сопротивление равно нулю ($X_L = 0$). Чем быстрее меняется напряжение, тем больше ЭДС самоиндукции и тем меньше амплитуда силы тока.

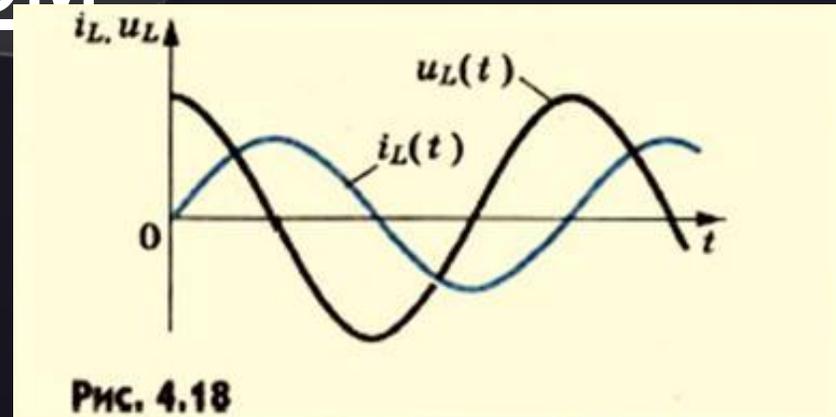
ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА ПРИ НАЛИЧИИ В ЦЕПИ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ТОЛЬКО ИНДУКТИВНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ:



ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА ПРИ НАЛИЧИИ В ЦЕПИ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ТОЛЬКО АКТИВНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ:



Напряжение и сила тока в цепи с конденсатором



Амплитуда силы тока в катушке равна $I_m = \frac{U_m}{\omega L}$. (4.33)

Если ввести обозначение

$$\omega L = X_L \quad (4.34)$$

и вместо амплитуд силы тока и напряжения использовать их действующие значения, то получим:

$$I = \frac{U}{X_L}. \quad (4.35)$$

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

R, C и L в цепи переменного тока

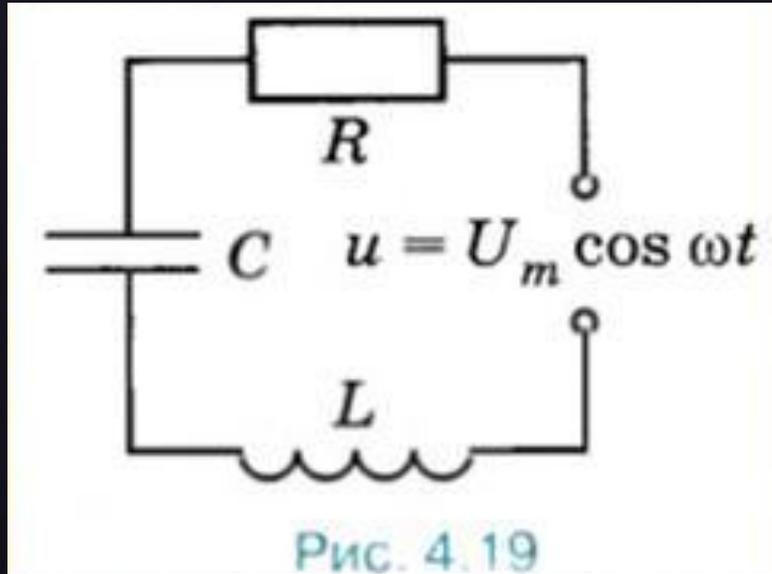


Рис. 4.19

Рассмотрим цепь, содержащую все элементы: резистор, катушку индуктивности, конденсатор и источник переменного напряжения $u = U_m \cos \omega t$.

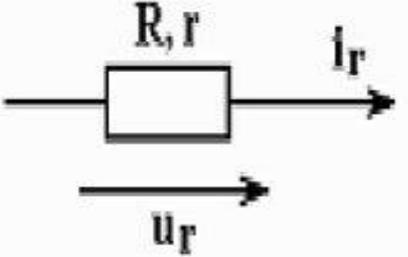
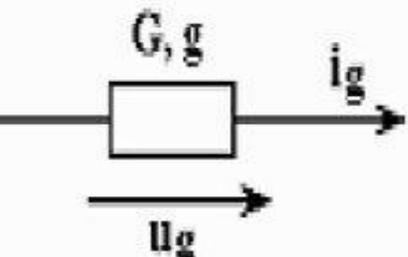
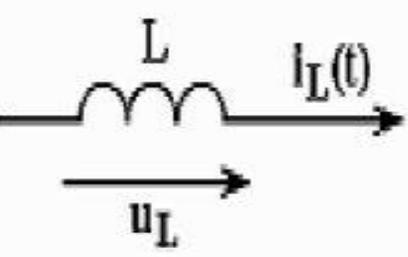
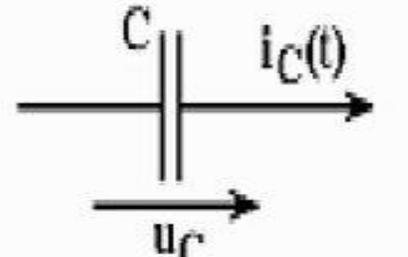
В любой момент времени ЭДС источника равна сумме напряжений на отдельных элементах цепи:

$$\varepsilon = uR + uL + uC.$$

Так как эти напряжения отличаются по фазе, то сумма амплитудных значений напряжений не будет равна амплитудному значению ЭДС

Полное сопротивление цепи состоит из активного, ёмкостного и индуктивного сопротивлений:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

Элемент	Единица измерения	Условное обозначение	Напряжение на элементе	Ток в элементе	Мощность или энергия в элементе
Сопротивление	Ом [Ом]		$u_r = i_r r$	$i_r = \frac{u_r}{r}$	$p_r = r i_r^2 = \frac{u_r^2}{r}$
Проводимость	Сименс [См]		$u_g = \frac{i_g}{g}$	$i_g = u_g g$	$p_g = g u_g^2 = \frac{i_g^2}{g}$
Индуктивность	Генри [Гн]		$u_L = L \frac{di_L(t)}{dt}$	$i_L = \frac{1}{L} \int u_L(t) dt$	$W_L = \frac{L I^2}{2}$
Емкость	Фарада [Ф]		$u_C = \frac{1}{C} \int i_C(t) dt$	$i_C = C \frac{du_C(t)}{dt}$	$W_C = \frac{C U^2}{2}$

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!!!!**