

Расчет цепей переменного тока

Действующие значения переменного тока

- Действующим значением переменного тока называется такой постоянный ток, который на одинаковом сопротивлении R за время, равное одному периоду, выделяет такое же количество тепла, что и данный переменный ток за то же время.
- Действующие значения обозначают большими буквами без индексов: I , U , E .

✦ **Действующее значение** переменного тока I (E , U) – значение силы тока (напряжения, э.д.с.) в $\sqrt{2}$ раз меньше амплитудного значения

Действующие (или эффективные) значения тока и напряжения:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

ПРИМЕР

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$\sqrt{2} = 1,41$$

Тогда при действующим значении напряжения в бытовой электросети **$U = 220 \text{ В}$**

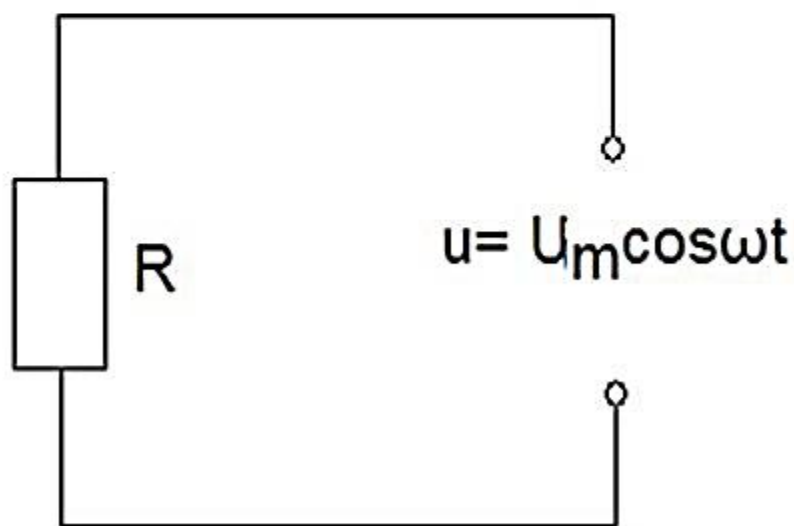
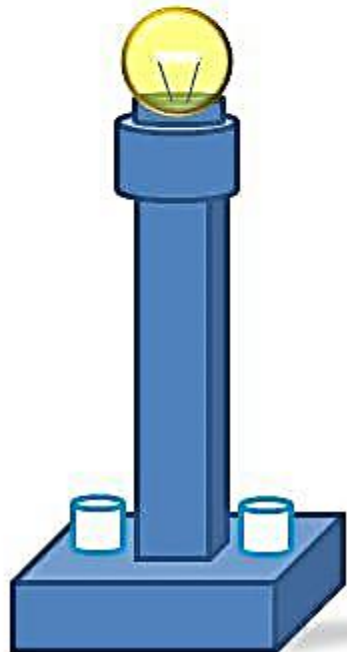
Амплитуда максимального значения

напряжения будет **$U_m = 220 \cdot 1,41 = 310 \text{ В}$**

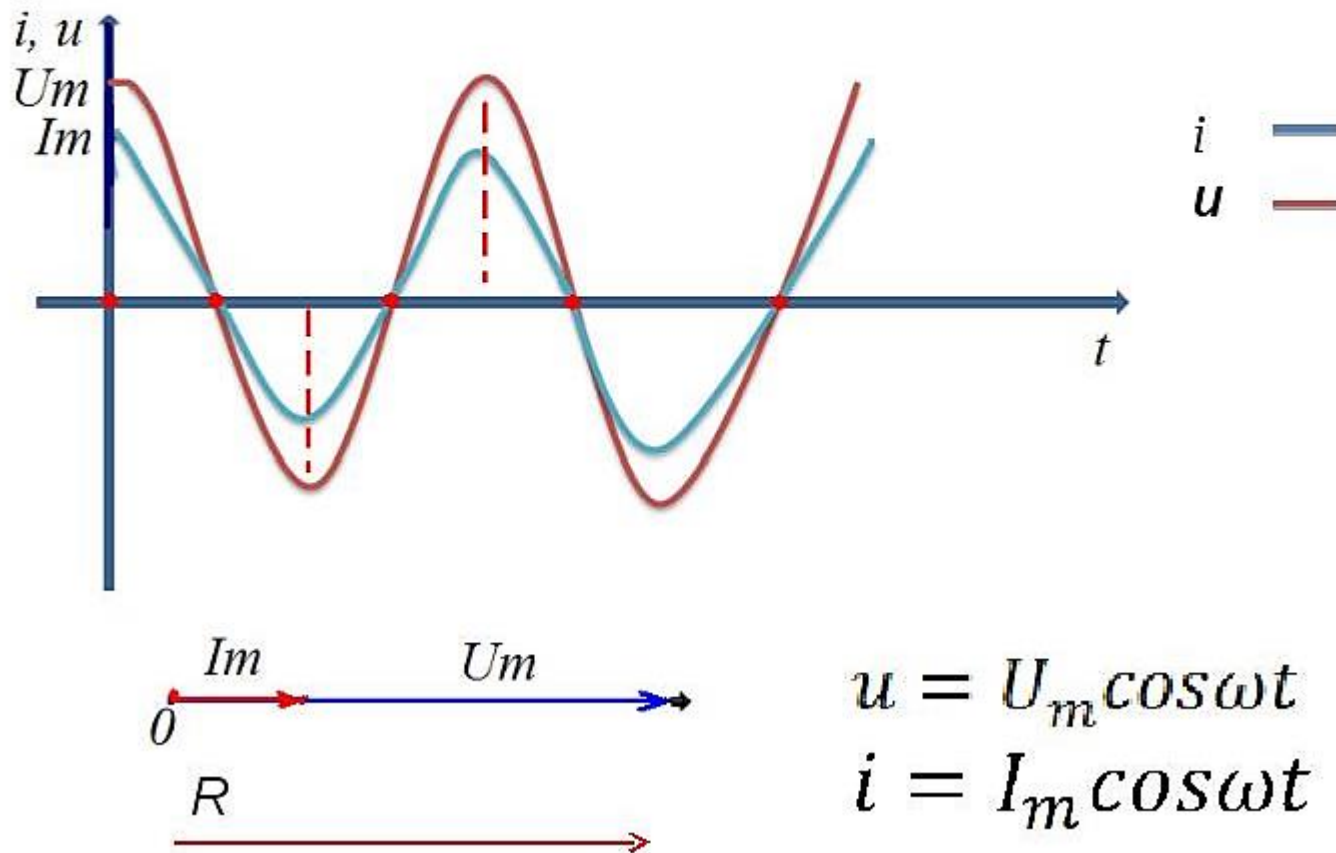


АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

- Электрические устройства, преобразующие электрическую энергию во внутреннюю, называются активными сопротивлениями.



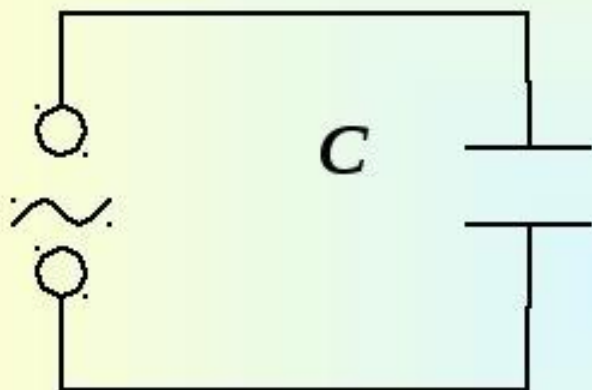
АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



Активное сопротивление в цепи переменного тока зависит:


$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Конденсатор в цепи переменного тока



Величину, обратную произведению циклической частоты ω на емкость C , называют емкостным сопротивлением.

$$X_c = 1 / \omega C$$



Частота f – число полных колебаний за единицу времени.


$$f = \frac{N}{t}$$

Измеряется в Герцах

● **Циклическая (круговая) частота колебаний** – частота, равная числу колебаний, совершаемых материальной точкой за $\frac{2\pi}{c}$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Измеряется в радианах в секунду



Пример:

Конденсатор емкостью 10 мкф включен в цепь переменного тока частотой $f = 50$ Гц найти емкостное сопротивление конденсатору X_C Ом

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

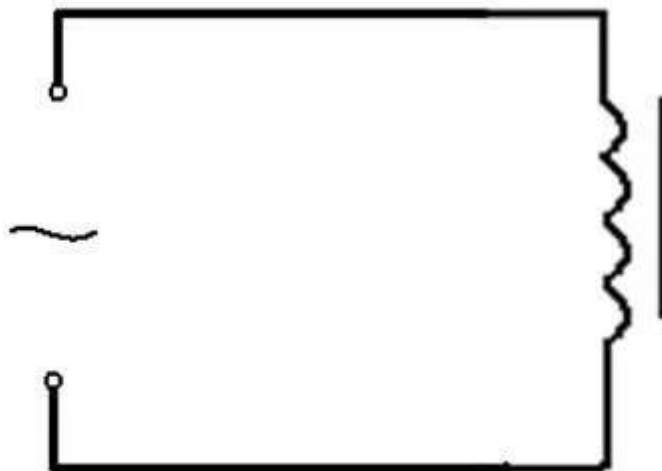
$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = \underline{314} \text{ рад/сек}$$

$$C = 10 \text{ мкф или } 0,00001 \text{ ф}$$

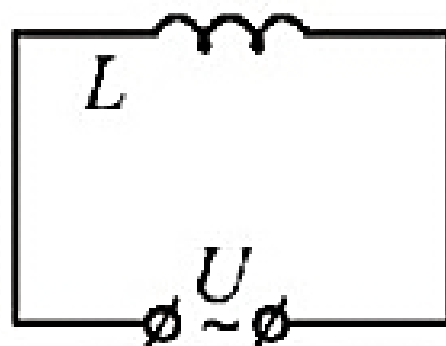
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1000000}{314 \cdot 10} = \underline{318,4 \text{ Ом}}$$

ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Индуктивное сопротивление- величина, характеризующее сопротивление, оказываемое переменному току индуктивностью цепи

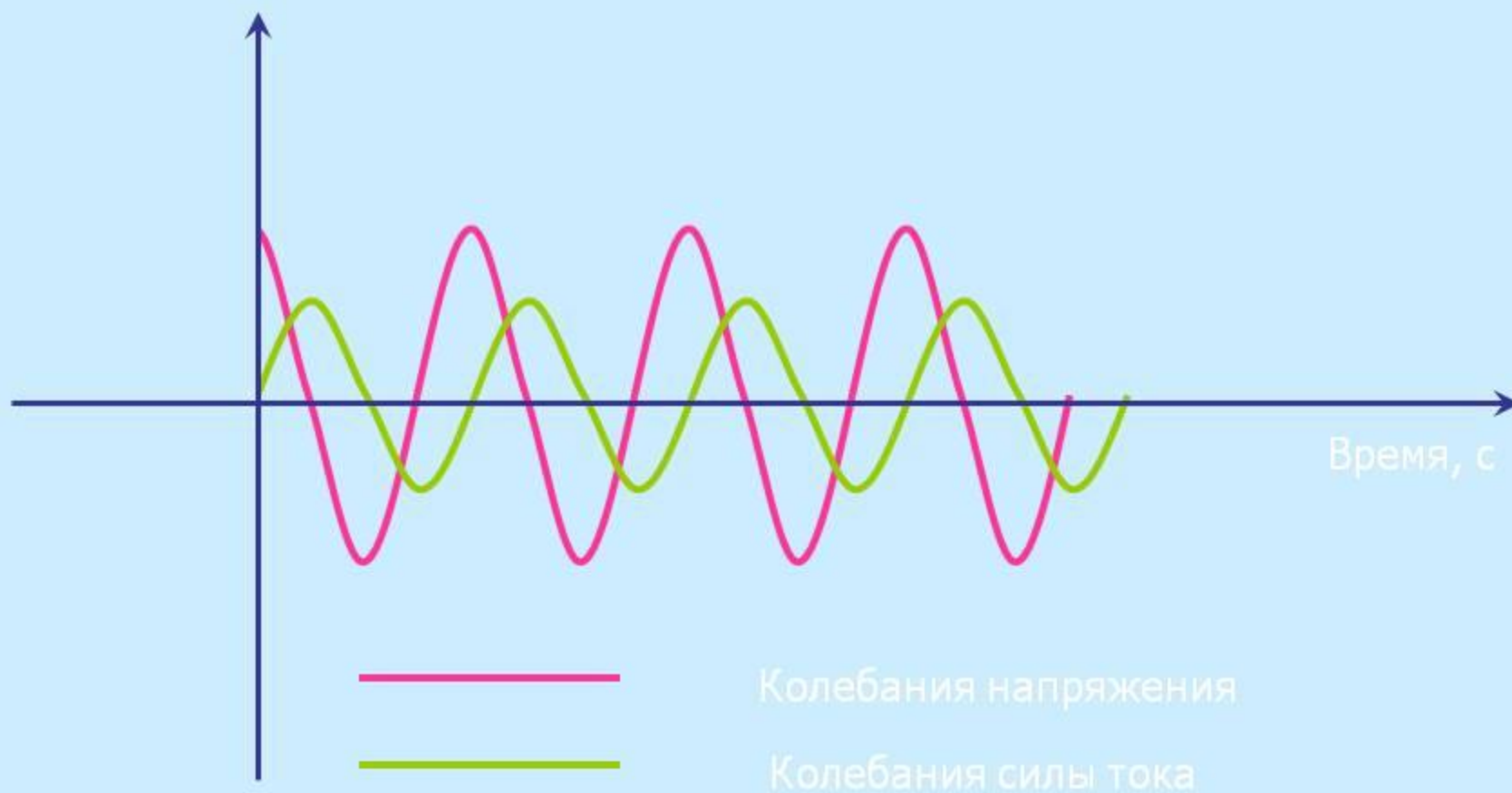


Индуктивность в цепи переменного тока



Катушка индуктивности оказывает сопротивление проходящему по ней переменному току. ЭДС самоиндукции, вызываемая самим переменным током, препятствует его возрастанию и, наоборот, поддерживает его при убывании. Сопротивление вызывается в конечном счете индуктивностью катушки и называется оно индуктивным сопротивлением.

Графики тока и напряжения на индуктивности:



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


Где:

L - это индуктивность катушки, измеряется в Генри (Гн);

ω - угловая частота переменного тока (рад/сек).

f – частота тока в Гц

π – 3,14



Частота f – число полных колебаний за единицу времени.


$$f = \frac{N}{t}$$

Измеряется в Герцах

● **Циклическая (круговая) частота колебаний** – частота, равная числу колебаний, совершаемых материальной точкой за $\frac{2\pi}{c}$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Измеряется в радианах в секунду



Пример:

Катушка индуктивностью $L = 100$ Гн включена в цепь переменного тока частотой $f = 50$ Гц найти индуктивное сопротивление катушки X_L Ом

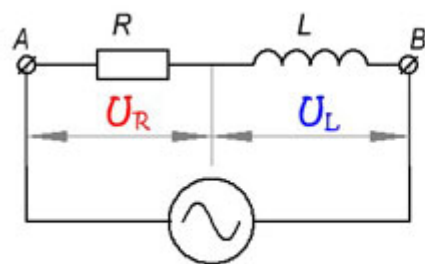
$$X_L = \omega \cdot L$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = \underline{314} \text{ рад/сек}$$

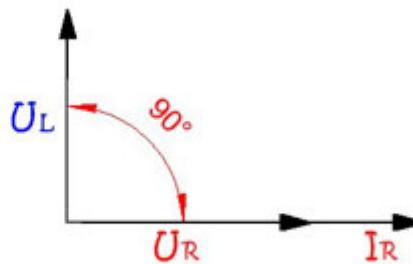
$$X_L = \omega \cdot L = 314 \cdot 100 = \underline{31400} \text{ Ом}$$

Полное сопротивление цепи
переменного тока.

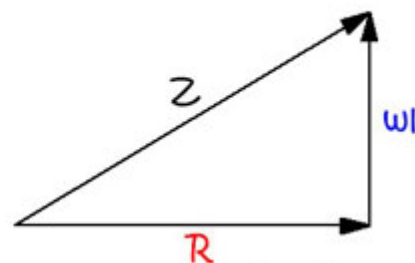
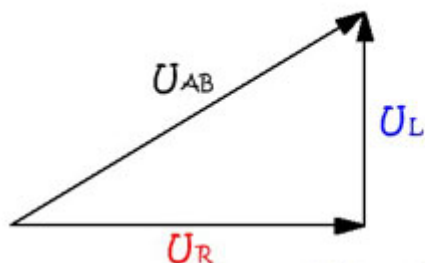
при последовательном соединении активного и реактивного сопротивления.



а)



б)



$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Z – полное сопротивление цепи

R – активное сопротивление

ωL – индуктивное (реактивное) сопротивление катушки

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Задача:

Найти полное сопротивление катушки индуктивности $Z=?$ в цепи переменного тока частотой f -100 Гц если активное сопротивление провода катушки R - 200 Ом а индуктивность L - 0,5 Гн

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$X_L = \omega \cdot L$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 = \underline{628} \text{ рад/сек}$$

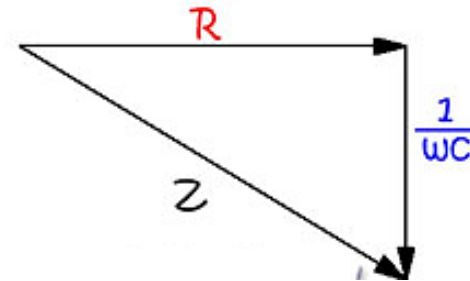
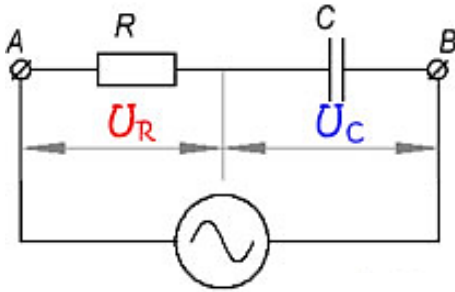
$$X_L = \omega \cdot L = 628 \cdot 0,5 = \underline{314} \text{ Ом}$$

$$Z = \sqrt{200^2 + 314^2} = 372,3 \text{ Ом}$$

Задача №1:

Найти полное сопротивление катушки индуктивности $Z=?$ в цепи переменного тока частотой $f=50$ Гц если активное сопротивление провода катушки $R=100$ Ом индуктивность $L=0,1$ Гн

Полное сопротивление цепи с активным сопротивлением и емкостью.



$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Z – полное сопротивление цепи

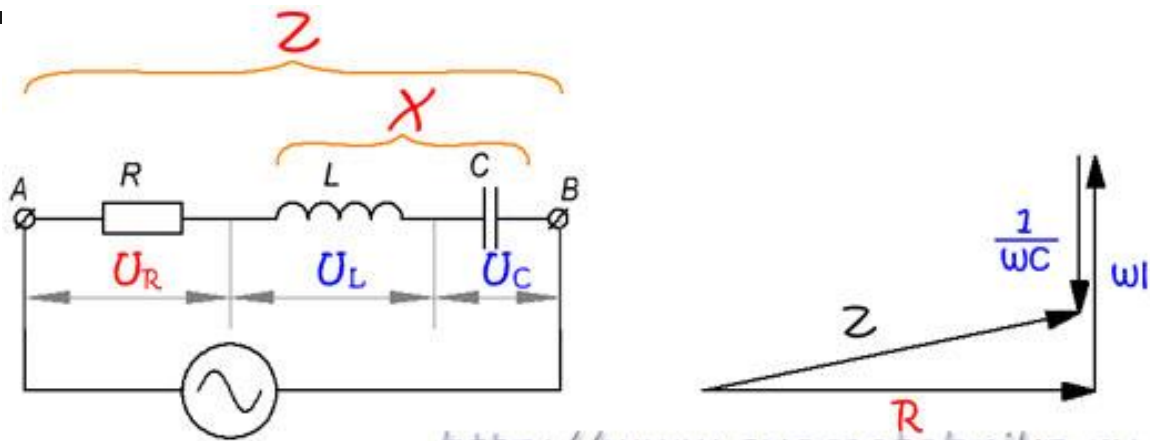
R – активное сопротивление

$1/\omega C$ – емкостное (реактивное) сопротивление конденсатора

Задача №2:

Найти полное сопротивление активного сопротивления и конденсатора $Z=?$ в цепи переменного тока частотой $f=50$ Гц если активное сопротивление $R=10$ Ом емкость конденсатора $C=0,1$ мкФ

Полное сопротивление цепи содержащей R, L и C.



Реактивное сопротивление этой цепи состоит из индуктивного и емкостного сопротивлений. Так как эти два вида реактивного сопротивления противоположны друг другу по своему характеру, то общее реактивное сопротивление цепи будет равно их разности, т. е.

$$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

Общее реактивное сопротивление цепи может иметь индуктивный или емкостный характер, в зависимости от того, какое из этих двух сопротивлений (X_L или X_C преобладает).

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

Z – полное сопротивление цепи

R – активное сопротивление

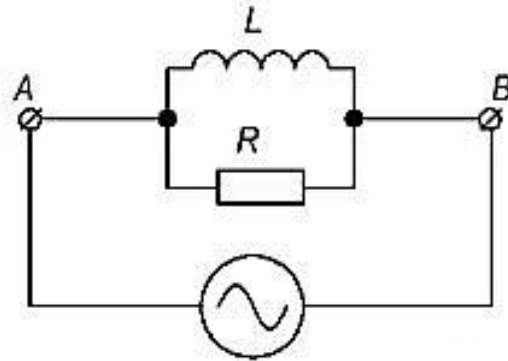
ωL – индуктивное (реактивное) сопротивление катушки

$1/\omega C$ – емкостное (реактивное) сопротивление конденсатора

Задача №3:

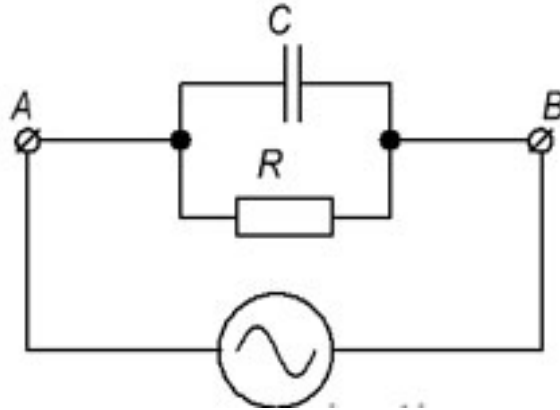
Найти полное сопротивление цепи переменного тока $Z=?$ частотой $f=50$ Гц если активное сопротивление провода катушки $R=20$ Ом а индуктивность $L=0,1$ Гн емкость конденсатора $C=0,1$ мкф

Полное сопротивление цепи при параллельном соединении активного и реактивного элемента.



$$Z = \frac{R\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

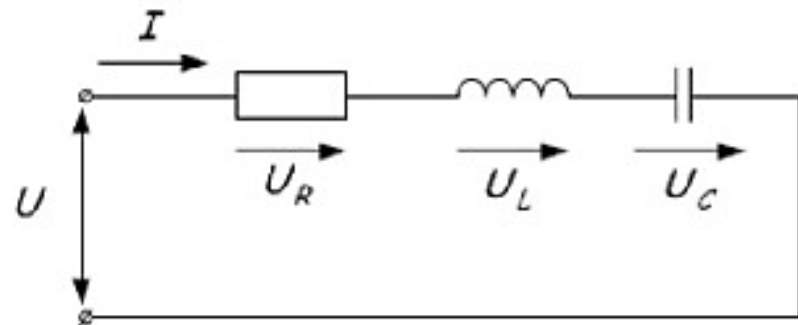
Полное сопротивление цепи при параллельном соединении активного и реактивного элемента.



$$Z = \frac{R \frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Резонанс токов и напряжений

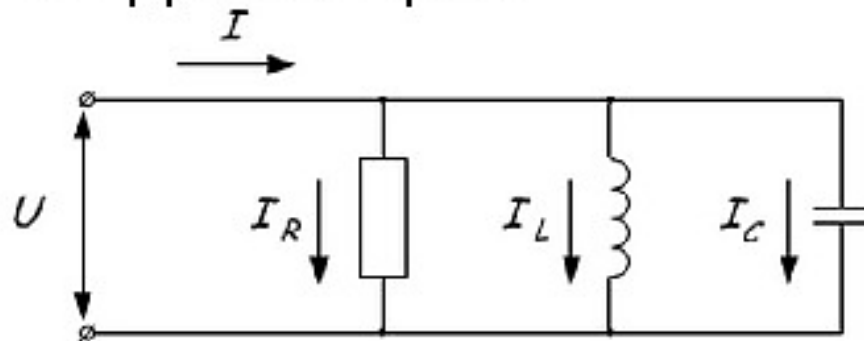
- Резонанс напряжений возникает в последовательной RLC цепи



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

- Максимальный ток + перенапряжения!!!

- Резонанс токов возникает в параллельно соединенными катушкой, резистором и конденсатором

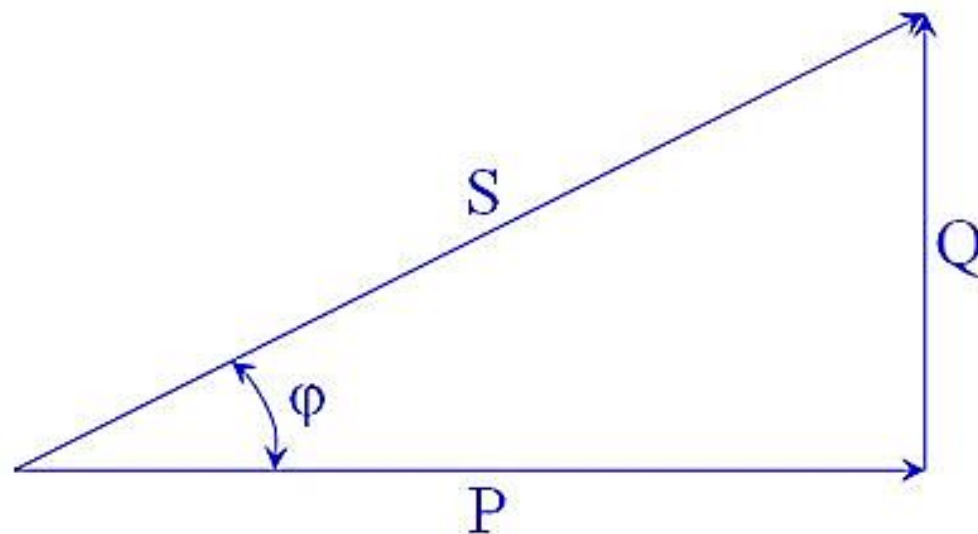


- Теоретически бесконечное индуктивное сопротивление!!!

сопротивление цепи
 Z становится
минимальным
($Z = R$), а ток
становится
максимальным.

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \underbrace{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}_{\rightarrow 0}}}.$$

МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} \quad Q = Q_L - Q_C \quad \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

где S – полная мощность, ВА

Q – реактивная мощность, ВАр

Q_L – индуктивная мощность, ВАр

Q_C – емкостная мощность, ВАр

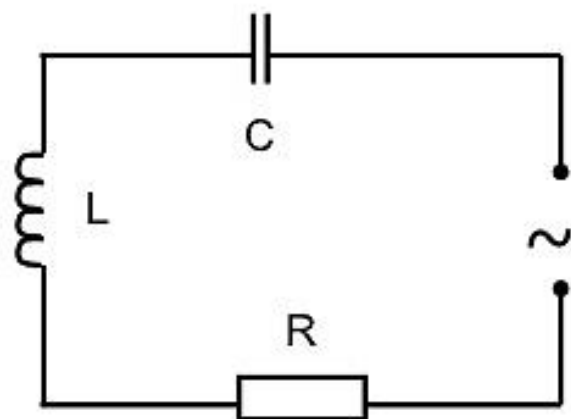
P – активная мощность, Вт

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности

Мощность в цепи переменного тока

Вид мощности	Обозначение	Единицы измерения	Формула
Активная	P	Вт (Ватты)	$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$
Реактивная	Q	Вар (Вольт-амперы реактивные)	$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$
Полная	S	ВА (Вольт-амперы)	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Коэффициент мощности переменного тока	$\cos\varphi$ $\sin\varphi$		$\cos\varphi = P/S$ $\sin\varphi = Q/S$

Закон Ома в цепи переменного тока



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

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

- полное сопротивление цепи

Мощность в цепи переменного тока

- ❑ Действующие значения напряжения и силы тока фиксируются электроизмерительными приборами и позволяют непосредственно вычислять мощность переменного тока.
- ❑ Мощность в цепи ПЕРЕМЕННОГО ТОКА определяется теми же соотношениями, что и мощность ПОСТОЯННОГО ТОКА, в которые вместо силы постоянного тока и постоянного напряжения - соответствующие ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ:

$$P = U \cdot I$$

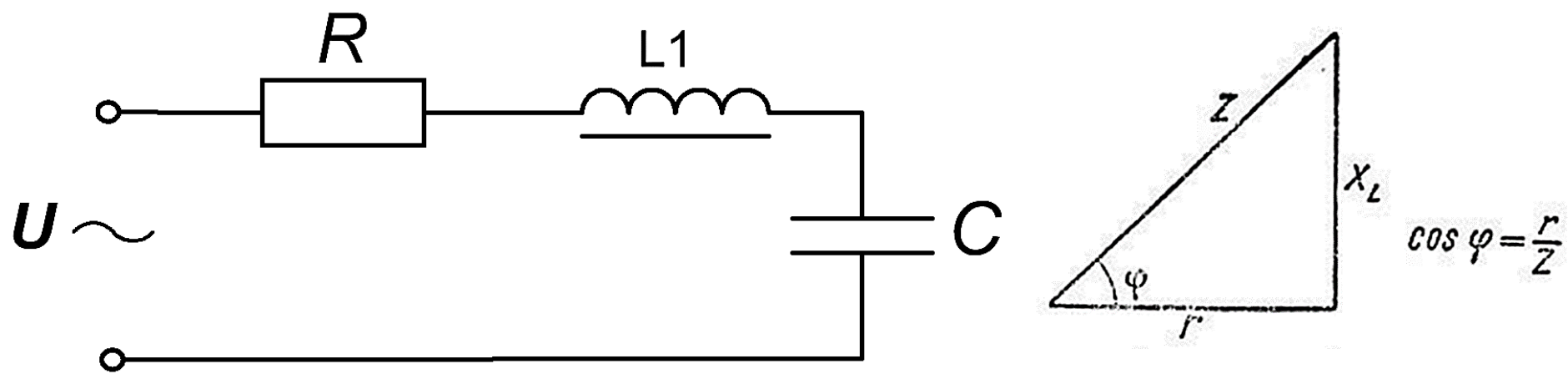
Когда между напряжением и силой тока СДВИГ ФАЗ, мощность определяется по формуле:

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

Расчетная работа №8

ТЕМА: «Расчет цепи переменного тока»

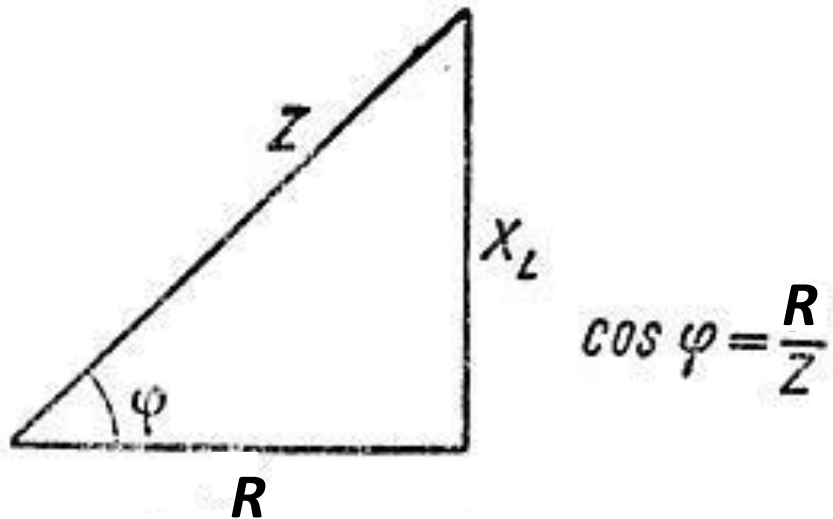
1. Зарисовать расчетную схему.
2. Выполнить расчеты $X_L, X_C, Z, I, P, Q, S, \cos \varphi$
3. Полученные данные записать в таблицу



Найти индуктивное X_L , емкостное X_C и полное Z сопротивление цепи переменного тока а так же активную P (Вт), реактивную Q (Вар) и полную мощность S (ВА) цепи.
 $\cos \varphi = ?$

Таблица ответов

Дано					Найти							
R (Ом)	L (Гн)	C мкФ	f (Гц)	U (В)	X_L (Ом)	X_C (Ом)	Z (Ом)	I (А)	P (Вт)	Q (Вар)	S (ВА)	$\cos \varphi$
100	0,04	0,2	200	50								



№ варианта	Дано				
	R (Ом)	L (Гн)	C мкф	f (Гц)	U (В)
1	100	0,04	0,2	200	50