

- Переменный ток
 - Действующее значения переменного тока
 - Сопротивления в цепи переменного тока
 - Активное (реальное) сопротивление в цепи АС
 - Реактивное сопротивление
 - Емкостное сопротивление
 - Частота
 - Циклическая (круговая) частота колебаний
 - Индуктивное сопротивление в цепи АС
 - Полное сопротивление цепи АС
 - Последовательное соединение реа и активного сопротивления
 - Задача 1
 - Полное сопротивление цепи с активным и емкостным сопротивлениями
 - Задача 2
 - Полное сопротивление цепи с активным, индукционным и емкостными сопротивлениями
 - Задача 3
 - Полное сопротивление цепи при параллельном соединении активного и индуктивного элементов
 - Полное сопротивление цепи при параллельном соединении активного и емкостного элементов
 - Резонанс токов и напряжений
 - Резонанс напряжений
 - Резонанс токов
 - Мощность в цепи переменного тока
 - Активная мощность
 - Реактивная мощность
 - Полная мощность
 - Коэффициента мощности АС
 - Закон Ома в цепи АС
- Расчетная работа № 8

Переменный ток

АС (Alternating Current) - электрический ток, который меняет направление и величину с течением времени.

Действующее значения переменного тока

Действующие (эффективные) значения в $\sqrt{2}$ раза меньше амплитудных значений:

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

- I - действующее значение переменного тока
- I_m - амплитуда тока

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

- U - действующее значение переменного напряжения
- U_m - амплитуда напряжения

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

- E - действующее значение ЭДС
- E_m - амплитуда ЭДС

Сопротивления в цепи переменного тока

Виды сопротивлений в цепи переменного тока:

1. Активные
2. Реактивные:
 - Индуктивные
 - Емкостные

Активное (реальное) сопротивление в цепи АС

Эл.устройства, преобразующие эл.энергию во тепловую:

- Лампочки
- Резисторы

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

- R - активное сопротивление в омах (Ω).
- ρ - удельное сопротивление материала, из которого сделан проводник, в омах на метр ($\Omega \cdot \text{м}$).
- l - длина проводника в метрах (м).
- S - площадь поперечного сечения проводника в квадратных метрах (м^2).

Реактивное сопротивление

Электрические элементы, которые не преобразуют электрическую энергию в тепловую энергию, а вместо этого сохраняют энергию в магнитном или электрическом поле

Емкостное сопротивление

Емкостное сопротивление X_C связано с конденсаторами, которые могут накапливать электрический заряд при прохождении через них переменного тока.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ (}\Omega\text{)}$$

- ω - циклическая частота
- C - электроемкость

Частота f

$$f = \frac{N}{t} \text{ (Герц)}$$

- N - число полных колебаний
- t - единицу времени (сек.)

Циклическая (круговая) частота колебаний

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \text{ (радин в сек.)}$$

Индуктивное сопротивление в цепи АС

Индуктивное сопротивление связано с катушками индуктивности, которые создают магнитное поле при прохождении через них переменного тока.

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \text{ (Гн - Генри)}$$

- L - индуктивность катушки (Гн)

Полное сопротивление цепи АС

Последовательное соединение реа и активного сопротивления

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

- Z - полное сопротивление цепи
- R - активное сопротивление цепи
- ωL - индуктивное сопротивление катушки

Задача 1

Дано:

- $R = 100\Omega$
- $f = 50\text{Гц}$
- $L = 0,1\text{Гн}$

Найти:

- $Z = ?$

Решение:

1. т.к. у нас из реактивных сопротивлений есть только индуктивное, то будем считать по формуле:

$$X_L = 2\pi fL$$

2. Полное сопротивление катушки индуктивности Z в цепи переменного тока можно вычислить с использованием формулы:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad X_L = 2\pi \times 50 \text{Гц} \times 0.1 \text{Гн} = 31.42 \Omega$$

$$Z = \sqrt{100^2 + (31.42 - 0)^2} \quad Z = \sqrt{100^2 + 31.42^2} \quad Z = \sqrt{10000 + 988.09} \quad Z = \sqrt{10988.09} \quad Z \approx 104.84 \Omega$$

Ответ: полное сопротивление катушки индуктивности цепи переменного тока составляет около 104.84Ω .

Полное сопротивление цепи с активным и емкостным сопротивлениями

$Z = \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$ Z - полное сопротивление цепи R - реактивное сопротивление цепи $\frac{1}{\omega C}$ - емкостное сопротивление конденсатора

Задача 2

Дано:

- $f = 50 \text{Гц}$
- $R = 10 \Omega$
- $C = 0,1 \mu$

Найти:

- $Z = ?$

Решение:

1. X_C - Емкостное реактивное сопротивление конденсатора можно рассчитать по формуле:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

2. Переведем емкость конденсатора из микрофарад в фарады, учитывая, что $1 \text{ мкФ} = 1 \times 10^{-6} \text{ Ф}$

$$C = 0.1 \times 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 50 \text{ Гц} \times 0.1 \times 10^{-6} \text{ Ф}} \approx 31830 \text{ }\Omega$$

3. Теперь, используя формулу для Z : $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

$$Z = \sqrt{10^2 + 31830^2} \approx 31830 \text{ }\Omega$$

Ответ: полное сопротивление цепи переменного тока составляет примерно 31830 Ω

Полное сопротивление цепи с активным, индукционным и емкостными сопротивлениями

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

- X - общее реактивное сопротивление, в зависимости от преобладания, может иметь индуктивный или емкостный характер

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

- ωL - индуктивное сопротивление катушки
- $\frac{1}{\omega C}$ - емкостное сопротивление конденсатора

Задача 3

Дано:

- $f = 50 \text{ Гц}$
- $R = 20 \text{ }\Omega$
- $L = 0,1 \text{ Гн}$
- $C = 0,1 \mu$

Найти:

- $Z = ?$

Решение

1. Рассчитаем X_L : $X_L = 2\pi f L$

$$X_L = 2\pi \times 50 \text{ Гц} \times 0.1 \text{ Гн} = 31.42 \text{ }\Omega$$

2. Рассчитаем X_C : $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 50 \text{ Гц} \times 0.1 \times 10^{-6} \text{ Ф}} \approx 31830 \text{ }\Omega$$

3. Найдем Z : $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $Z = \sqrt{20^2 + (31.42 - 31830)^2} \approx 31798 \text{ }\Omega$

Ответ: полное сопротивление цепи переменного тока составляет примерно 31798 Ω.

Полное сопротивление цепи при параллельном соединении активного и индуктивного элементов

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

Полное сопротивление цепи при параллельном соединении активного и емкостного элементов

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

Резонанс токов и напряжений

Резонанс напряжений

Возникает в последовательной RLC цепи (Максимальный ток + перенапряжение)

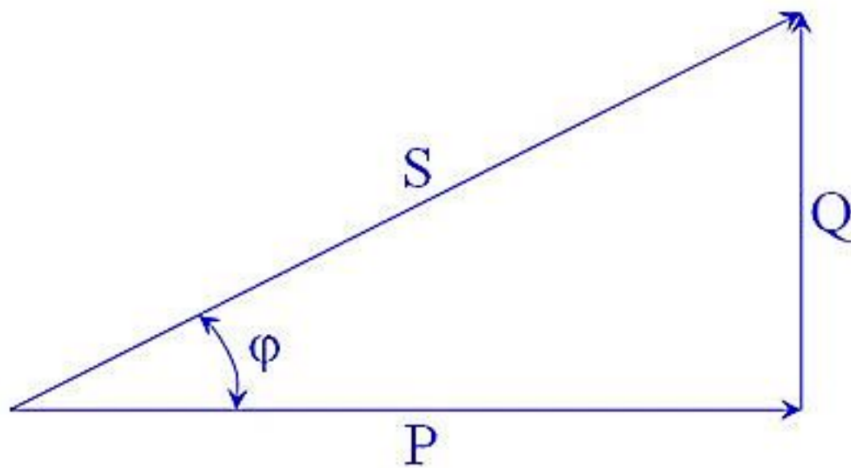
$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

Резонанс токов

Возникает в цепи с параллельно соединенными: катушкой, резистором и конденсатором (Теоретически бесконечное индуктивное сопротивление) Z - становится минимальным, а ток максимальным

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

Мощность в цепи переменного тока



$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

- $Q = Q_L - Q_C$
- $\cos \phi = \frac{P}{S}$
- S - полная мощность (ВА)
- Q - реактивная мощность (ВАр)
- Q_L - индуктивная мощность (ВАр)
- Q_C - емкостная мощность (ВАр)
- P - активная мощность (Вт)
- $\cos \phi$ - коэффициент мощности

$$P = U \times I$$

Если между напряжением и силой тока СДВИГ ФАЗ, то:

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

Виды мощности:

1. Активная
2. Реактивная
3. Полная

Активная мощность

$$P = U \times I \times \cos \phi \text{ (Вт)}$$

Реактивная мощность

$$Q = U \times I \times \sin \phi \text{ (Вар - Вольт амперы реактивные)}$$

Полная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (ВА - Вольт амперы)}$$

Коэффициента мощности AC

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

$$\sin \phi = \frac{Q}{S}$$

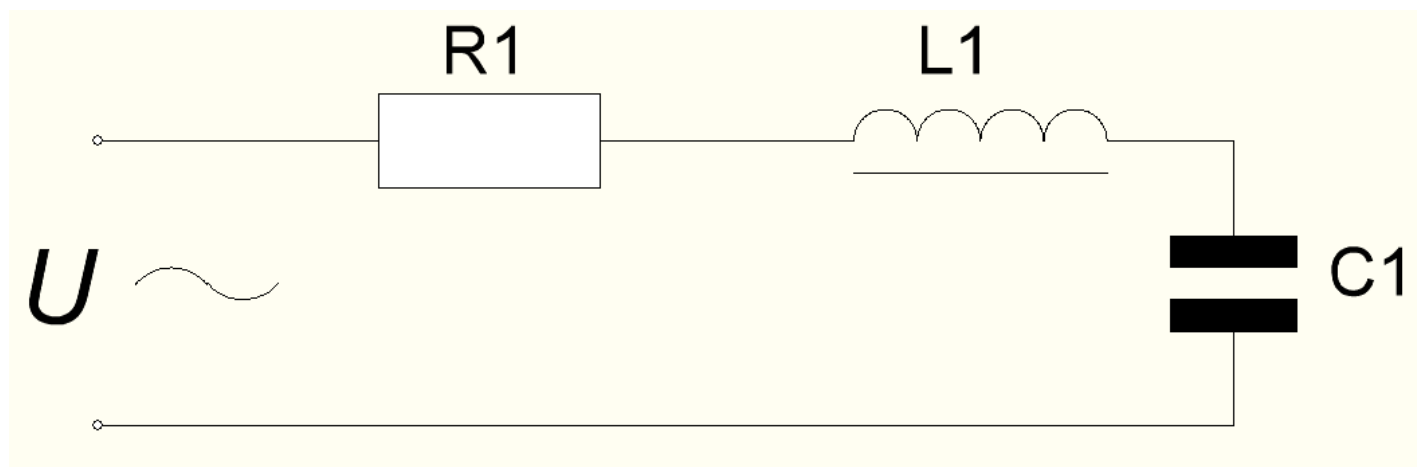
Закон Ома в цепи AC

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

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

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

Расчетная работа № 8



Дано:

- $R = 100\Omega$
- $L = 0,04\text{Гн}$
- $C = 0,2\mu$
- $f = 200\text{Гц}$
- $U = 50\text{В}$

Найти:

- X_L
- X_C
- Z
- I
- $\cos \phi$

- P
- Q
- S

Решение

1. Индуктивное сопротивление X_L :

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 200 \text{ Гц} \times 0.04 \text{ Гн} = 50.27 \text{ }\Omega$$

2. Емкостное сопротивление X_C :

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 200 \text{ Гц} \times 0.2 \times 10^{-6} \text{ Ф}} \approx 3987.87 \text{ }\Omega$$

3. Полное сопротивление Z в цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{100^2 + (50.27 - 3987.87)^2} \approx \sqrt{100^2 + (-3937.6)^2} \approx 3938.87 \text{ }\Omega$$

4. Ток в цепи I :

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{50 \text{ В}}{3938.87 \text{ }\Omega} \approx 0.0127 \text{ А}$$

5. Коэффициент мощности $\cos \phi$:

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{100 \text{ }\Omega}{3938.87 \text{ }\Omega} \approx 0.0254$$

6. Активная мощность P :

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi = 50 \text{ В} \times 0.0127 \text{ А} \times 0.0254 \approx 0.0161 \text{ Вт}$$

7. Реактивная мощность Q :

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \phi = 50 \text{ В} \times 0.0127 \text{ А} \times \sqrt{1 - 0.0254^2} \approx 0.6348 \text{ ВАр}$$

8. Полная мощность S :

$$S = U \cdot I = 50 \text{ В} \times 0.0127 \text{ А} \approx 0.635 \text{ ВА}$$

Таблица ответов

Дано					Найти							
R	L	C	f	U	Xl	Xc	Z	I	P	Q	S	cosφ
100	0,04	0,2	200	50	50,27	3987.87	3938,87	0,0127	0.0161	0,0348	0.635	0.0254