

Основные понятия, относящиеся к переменному току. Цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением.

Задание. Внимательно ознакомиться с текстом документа, перепишите и разберите пример решения задачи и решите задачи для самостоятельного решения, согласно своего варианта.

Переменный ток— 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.

Если говорить о переменном токе простыми словами, то можно сказать что в случае подключения электрической лампочки к сети переменного тока плюс и минус на ее контактах будут меняться местами с определенной частотой или иначе, ток будет менять свое направление с прямого на обратное.

Для чего нужен такой “переменчивый “ переменный ток, почему не использовать только постоянный?

Это сделано для того, чтобы получить возможность без особых потерь получать нужное напряжение в любом количестве способом применения трансформаторов.

Использование переменного тока позволяет передавать электроэнергию в промышленных масштабах на значительные расстояния с минимальными потерями.

Период - это время одного полного колебания.

T – период, с

Амплитуда – это наибольшее положительное или отрицательное значение силы тока или напряжения.

Частота - это времени, в течение которого ток выполняет одно полное колебание, число полных колебаний за 1 с называется частотой тока и обозначается буквой f . Частота измеряется в герцах (Гц).

В промышленности и быту большинства стран используют переменный ток с частотой 50 Гц. В США частота промышленного тока 60 Гц.

Эта величина показывает количество изменений направления тока за одну секунду на противоположное и возвращение в исходное состояние.

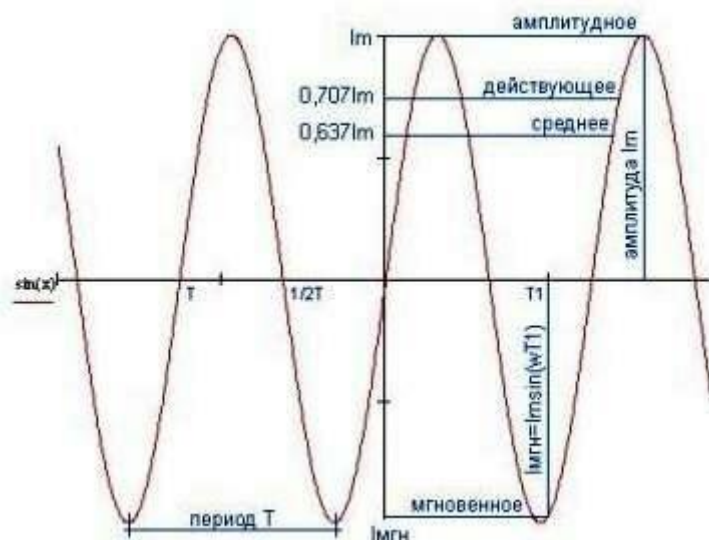
Иными словами в электрической розетке, которая есть в каждом доме и куда мы включаем утюги и пылесосы, плюс с минусом на правой и левой клеммах розетки будет меняться местами с частотой 50 раз в секунду - это и есть, частота переменного тока.

Амплитуда – характеризует состояние переменного тока с течением времени.

Мгновенные и максимальные значения. Величину переменной электродвижущей силы, силы тока, напряжения и мощности в любой момент времени называют *мгновенными значениями* этих величин и обозначают соответственно строчными буквами (e , i , u , p). **Максимальным значением** (амплитудой) переменной э. д. с. (или напряжения или тока) называется та наибольшая величина, которой она достигает за один период. Максимальное значение электродвижущей силы обозначается E_m , напряжения — U_m , тока — I_m .

Действующим (или эффективным) значением переменного тока называется такая сила постоянного тока, которая, протекая через равное сопротивление и за одно и то же время, что и переменный ток, выделяет одинаковое количество тепла.

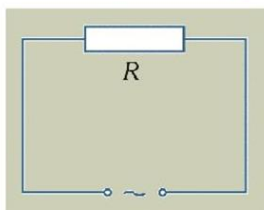
Для синусоидального переменного тока действующее значение меньше максимального в 1,41 раз, т. е. в $\sqrt{2}$ раз.



$$I_D = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad I_{CP} = \frac{2I_m}{\pi} \quad I_{MГН} = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Колебания силы тока в цепи резистора совпадают по фазе с колебаниями напряжения.

2.1. Резистор в цепи переменного тока



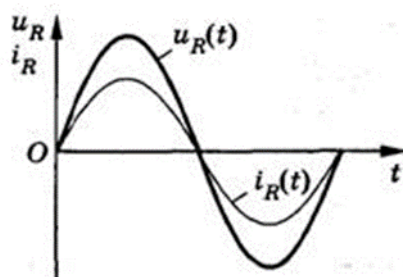
Электрические устройства, преобразующие электрическую энергию во внутреннюю, называются

активными
сопротивлениями

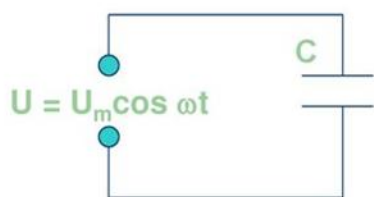
Мгновенное значение силы тока прямо пропорционально мгновенному значению напряжения - по закону Ома :

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cdot \cos \omega t}{R} = I_m \cdot \cos \omega t$$

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$



II. Цепь переменного тока с ёмкостным сопротивлением



$$q = Cu = CU_m \cos \omega t$$

$$i = \frac{dq}{dt} = -I_m \sin \omega t;$$

$$I_m = \omega C U_m \text{ - амплитуда силы тока}$$

$$i = I_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Диаграмма токов и напряжений



$$I_m = \frac{U_m}{X_C}$$

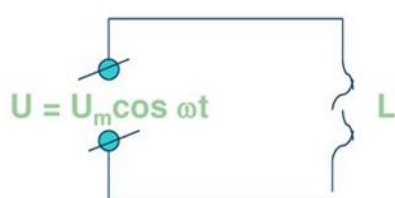
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

- Закон Ома

- реактивное сопротивление конденсатора называют ёмкостным сопротивлением

Вывод: колебания силы тока в цепи конденсатора опережают по фазе колебания напряжения на его обкладках по фазе на $\pi/2$

III. Цепь переменного тока с индуктивным сопротивлением



$$E_{si} = -L \frac{di}{dt}$$

$$L \frac{di}{dt} = U_m \cos \omega t$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_m}{L} \cos \omega t$$

$$i = -\frac{U_m}{L\omega} \sin \omega t \quad I_m = \frac{U_m}{X_L}$$

$$X_L = \omega L$$

- закон Ома

- реактивное сопротивление катушки называют индуктивным сопротивлением

Диаграмма токов и напряжений



Вывод: колебания силы тока в катушке отстают по фазе на $\pi/2$ от колебаний напряжения в ней

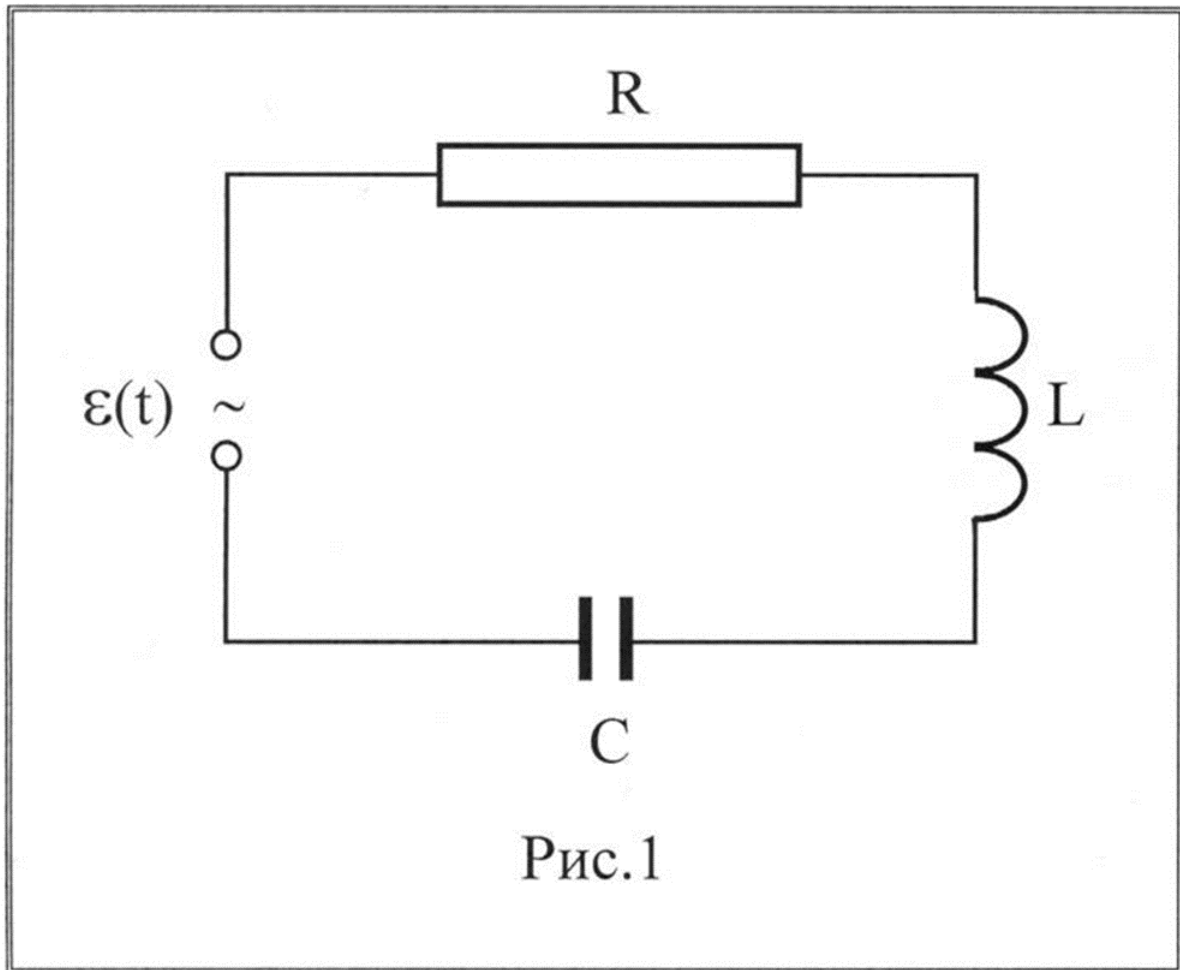


Рис.1

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

- полное сопротивление цепи (импеданс).

$$X = R_L - R_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

- реактивное сопротивление.

Реактивное сопротивление складывается из индуктивного и емкостного сопротивления.

R – активное сопротивление отвечает за потерю мощности в цепи.

X – реактивное сопротивление, определяет величину энергии пульсирующей в цепи.

Индуктивность в цепи переменного и постоянного тока



Пример решения задачи.

Активное сопротивление катушки $R_K = 4$ Ом, индуктивное $X_L = 12$ Ом. Последовательно с катушкой включен резистор с активным сопротивлением $R = 2$ Ом и конденсатор с сопротивлением $X_C = 4$ Ом. К цепи приложено напряжение $U = 100$ В. Определить: 1) полное сопротивление цепи; 2) силу тока; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощности; 5) напряжение на каждом сопротивлении. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Схема цепи дана на рисунке

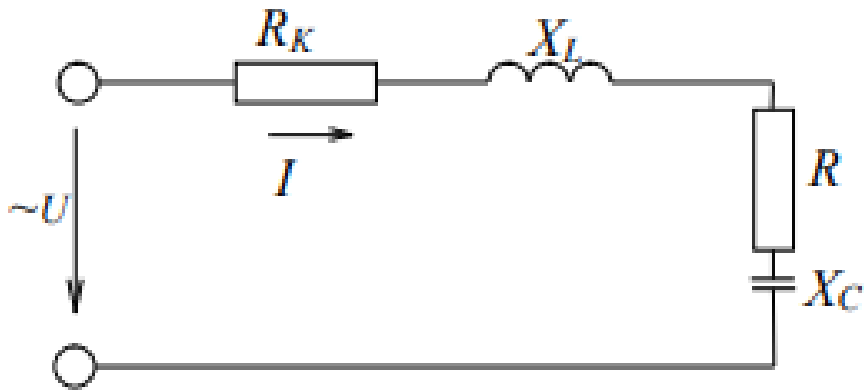


Рисунок 1.

Решение

1. Полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{(R_K + R)^2 + (X_L + X_C)^2} = \sqrt{(4 + 2)^2 + (12 - 4)^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. Сила тока в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{100}{10} = 10 \text{ А}$$

3. Коэффициент мощности цепи:

$$\cos \varphi = \frac{R_K + R}{Z} = \frac{4 + 2}{10} = 0,6$$

По таблице Брадиса находим $\varphi = 53^\circ 10'$

4. Активная мощность цепи:

$$P = I^2 \cdot (R_K + R) = 10^2 \cdot (4 + 2) = 600 \text{ Вт, или}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600 \text{ Вт}$$

5. Реактивная мощность цепи:

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 10^2 \cdot (12 - 4) = 800 \text{ Вар или}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800 \text{ Вар,}$$

$$\text{где } \sin\varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{12 - 4}{10} = 0,8.$$

6. Полная мощность цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{600^2 + 800^2} = 1000 \text{ ВА}$$

7. Напряжения на всех сопротивлениях цепи:

$$U_{\text{ак}} = I \cdot R_{\text{к}} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В;}$$

$$U_{\text{а}} = I \cdot R = 10 \cdot 2 = 20 \text{ В;}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 10 \cdot 12 = 120 \text{ В;}$$

$$U_C = I \cdot X_C = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В.}$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжений. Задаемся масштабом по току $m_I = 2,5 \text{ А/см}$ и масштабом по напряжению $m_U = 20 \text{ В/см}$. Построение векторной диаграммы (рис. 7) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе

$$\ell_I = \frac{10 \text{ А}}{2,5 \text{ А/см}} = 4 \text{ см.}$$

Вдоль вектора тока откладываем векторы напряжений на активных сопротивлениях $\bar{U}_{\text{ак}}$ и $\bar{U}_{\text{а}}$, длины которых равны:

$$\ell_{U_{\text{ак}}} = \frac{40 \text{ В}}{20 \text{ В/см}} = 2 \text{ см.}$$

$$\ell_{U_{\text{а}}} = \frac{20 \text{ В}}{20 \text{ В/см}} = 1 \text{ см.}$$

Из конца вектора $\bar{U}_{\text{а}}$ откладываем в сторону опережения вектора тока на 90° вектор напряжения \bar{U}_L на индуктивном сопротивлении длиной

$$\ell_{U_L} = \frac{120 \text{ В}}{20 \text{ В/см}} = 6 \text{ см.}$$

Из конца вектора \bar{U}_L откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90° вектор напряжения на конденсаторе \bar{U}_C длиной

$$\ell_{U_C} = \frac{40 \text{ В}}{20 \text{ В/см}} = 2 \text{ см.}$$

Геометрическая сумма векторов, $\bar{U}_{ак}, \bar{U}_a, \bar{U}_L, \bar{U}_C$ равна напряжению \bar{U} , приложенному к цепи.

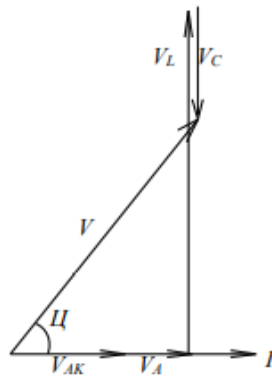


Рисунок 7

Основные понятия, относящиеся к переменному току. Цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением.

Задача № 1 В сеть переменного тока напряжением $U = 220$ В с частотой $f = 50$ Гц включена катушка с активным сопротивлением $R = 12$ Ом и индуктивностью $L = 51$ мГн. Определить индуктивное X_L и полное Z сопротивления цепи; показания амперметра и вольтметра, включенных в цепь. Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 2 В сеть переменного тока напряжением $U = 110$ В включена катушка с активным сопротивлением $R = 8$ Ом и индуктивностью $L = 19$ мГн. Определить индуктивное X_L и полное Z сопротивления цепи; показания амперметра и вольтметра, включенных в цепь. Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 3 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 625$ ВА, коэффициент мощности $\cos\phi = 0,6$; показание амперметра $I = 5$ А. Определить активное R , индуктивное X_L и полное Z сопротивления; показания вольтметра и ваттметра, включенных в цепь. Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 4 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 250$ ВА, коэффициент мощности $\cos\phi = 0,6$; показание амперметра, включенного в цепь, $I = 5$ А. Определить активное R , индуктивное X_L , полное Z сопротивления; показание вольтметра и ваттметра, включенных в цепь. Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 5$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 5 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 320$ ВА, коэффициент мощности $\cos\phi = 0,8$; показание амперметра, включенного в цепь, $I = 4$ А. Определить активное R , индуктивное X_L , полное Z сопротивления; показание вольтметра и ваттметра, включенных в цепь. Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 20$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 6 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор и конденсатор емкостью $C = 106$ мкФ. Ток в цепи $I = 6$ А, напряжение питающей

сети $U = 600$ В. Определить емкостное сопротивление X_C , полное сопротивление цепи Z ; активную P , реактивную Q , полную S мощности; коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$. Начертить схему цепи с приборами для измерения напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 60$ В/см. Построение кратко пояснить.

Задача № 7 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор и конденсатор. Полная мощность цепи $S = 80$ ВА, ток $I = 2$ А, коэффициент мощности цепи $\cos\varphi = 0,8$. Определить емкостное сопротивление X_C , конденсатора, активное сопротивление резистора R , полное сопротивление цепи Z ; напряжение U , активную P и реактивную Q мощности. Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 8$ В/см. Построение кратко пояснить.

Задача № 8 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор и конденсатор. Ток в цепи $I = 2$ А, напряжение $U = 40$ В, активная мощность $P = 64$ Вт. Определить активное сопротивление R , емкостное сопротивление X_C конденсатора, полное сопротивление цепи Z ; полную S ; реактивную Q мощности; коэффициент мощности $\cos\varphi$ цепи. Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 6$ В/см. Построение кратко пояснить.

Задача № 9 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор с активным сопротивлением $R = 16$ Ом и конденсатор. Напряжение сети $U = 100$ В, ток в цепи $I = 5$ А. Определить емкостное сопротивление X_C конденсатора, полное сопротивление цепи Z ; полную S , активную P и реактивную Q мощности цепи; коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$. Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_U = 20$ В/см. Построение диаграммы кратко пояснить.

Задача № 10 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор с активным сопротивлением $R = 24$ Ом и конденсатор емкостью $C = 100$ мкФ. Напряжение питающей сети $U = 400$ В. Определить емкостное сопротивление конденсатора X_C , полное сопротивление цепи Z ; ток цепи I ; активную P , реактивную Q , полную S мощности цепи. Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжения в масштабе $m_U = 60$ В/см. Построение диаграммы кратко пояснить.

Задача №№ 11 – 15 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор R и конденсатор с емкостным сопротивлением X_C , величины которых приведены в табл. 1. Кроме того, известна одна из дополнительных величин (I , P , Q). Начертить схему цепи и определить следующие величины:

1. полное сопротивление цепи Z ;
2. напряжение U , приложенное к цепи;
3. силу тока в цепи I ;
4. коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
5. активную P , реактивную Q и полную S мощности, потребляемые цепью.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Исходные данные

№ задачи	R	X _c	Дополнительная величина
	Ом	Ом	
11	80	60	I=2 А
12	20	15	P=180 Вт
13	16	12	Q=- 48 Вар
14	40	30	I=4 А
15	12	9	P=48 Вт

Задачи №№ 16 – 20 В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор сопротивлением R, реактивные сопротивления XL и Xc, величины которых заданы в табл.2. Кроме того, задана еще одна дополнительная величина (I, P, Q, S). Начертить схему цепи и определить следующие величины;

1. полное сопротивление цепи Z;
 2. напряжение U, приложенное к цепи;
 3. силу тока в цепи I;
 4. коэффициент мощности цепи cosφ;
 5. активную мощность P, реактивную Q и полную S мощности, потребляемые цепью.
- Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Таблица 2

Исходные данные

№ задачи	R	X _c	Дополнительная величина
	Ом	Ом	
16	3	8	I=8 А
17	4	5	P=256 Вт
18	8	12	S=90 ВА
19	4	15	U=30 В
20	8	6	Q=- 48 Вар

Задачи № 21 В электрическую цепь переменного тока напряжением $U = 220$ В, частотой $f = 50$ Гц включена катушка с индуктивностью $L = 0,0127$ Гн и активным сопротивлением $R_A = 3$ Ом.

Определить:

- 1) реактивное сопротивление катушки;
- 2) ток в катушке;
- 3) активную мощность катушки;
- 4) реактивную мощность катушки;
- 5) энергию, запасаемую в магнитном поле катушки. Построить в масштабе векторную диаграмму.

Задача № 22 К генератору переменного электрического тока с напряжением $U = 240$ В и частотой $f = 50$ Гц присоединен конденсатор с емкостью $C = 40$ мкф.

Определить: 1) реактивное сопротивление емкости X_c ;

2) ток в электрической цепи;

3) реактивную мощность цепи Q_L ;

4) максимальную энергию, запасаемую в

электрическом поле конденсатора W_{см} . Построить в масштабе векторную диаграмму.

Задача № 23 В электрическую цепь переменного тока напряжением $U = 220 \text{ В}$, частотой $f = 50 \text{ Гц}$ включена катушка с индуктивностью $L = 25,5 \text{ мГн}$ и активным сопротивлением $R_A = 6 \text{ Ом}$; $I = 22 \text{ А}$; $U_A = 132 \text{ В}$; $\cos \varphi = 0,6$.

Определить:

- 1) максимальную мощность в активном сопротивлении P_{Am} ;
- 2) активную мощность;
- 3) реактивную мощность;
- 4) полную мощность. Построить в масштабе векторную диаграмму.

Задача № 24 В электрическую цепь переменного тока напряжением $U = 220 \text{ В}$, частотой $f = 50 \text{ Гц}$ включена катушка с индуктивностью $L = 25,5 \text{ мГн}$ и активным сопротивлением $R_A = 6 \text{ Ом}$.

Определить: X_L ; Z ; U_A ; U_P ; $\cos \varphi$.

Задача № 25 В электрическую цепь переменного тока напряжением $U = 220 \text{ В}$, частотой $f = 50 \text{ Гц}$ включена катушка с индуктивностью $L = 0,0127 \text{ Гн}$ и активным сопротивлением $R_A = 3 \text{ Ом}$.

Определить:

- 1) реактивное сопротивление катушки;
- 2) ток в катушке;
- 3) активную мощность катушки;
- 4) реактивную мощность катушки;
- 5) энергию, запасаемую в магнитном поле катушки. Построить в масштабе векторную диаграмму.

№	Ф.И.О. обучающегося	№ задач, которые необходимо выполнить самостоятельно
1	Антоневич Илья Дмитриевич	№1; №6; №16; №25
2	Асянов Роман Алексеевич	№2; №7; №17; №24
3	Ветров Андрей Сергеевич	№3; №8; №18; №23
4	Воробьев Андрей Дмитриевич	№4; №9; №19; №22
5	Гаврилин Илья Андреевич	№5; №10; №20; №25
6	Голяткина Мария Дмитриевна	№6; №1; №10; №21
7	Динеев Вадим Романович	№7; №2; №11; №22
8	Дзапаров Тимофей Андреевич	№8; №3; №12; №23
9	Звонарева Дарья Павловна	№9; №4; №13; №24
10	Иншаков Андрей Николаевич	№10; №5; №14; №25
11	Казьмина Анна Олеговна	№11; №6; №10; №20
12	Лобкова Ксения Борисовна	№12; №3; №13; №25
13	Мухина Валерия Витальевна	№13; №7; №14; №21
14	Носач Андрей Витальевич	№14; №8; №15; №25
15	Плешаков Дмитрий Александрович	№15; №7; №19; №23
16	Плотник Андрей Витальевич	№16; №12; №16; №20
17	Половинкин Григорий Антонович	№17; №1; №12; №24
18	Родичкин Владислав Алексеевич	№18; №3; №11; №22
19	Сороков Иван Сергеевич	№19; №8; №16; №25
20	Тряпцев Николай Викторович	№20; №9; №14; №22
21	Хамизарова Анастасия Рашитовна	№21; №10; №17; №23
22	Холмовая Алина Борисовна	№22; №4; №13; №22
23	Шишикина Любовь Олеговна	№23; №6; №14; №23
24	Языкова Мария Алексеевна	№24; №3; №7; №24
25	Яценко Иван Сергеевич	№25; №6; №12; №18

Частоедов Л.А. Электротехника: Учебное пособие. — М.: ФГБОУ ДПО «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 402 с.

Задание должно быть выполнено до 24.11 и выслано на электронную почту yana.makshanowa@yandex.ru

Яна Макшанова приглашает вас на запланированную конференцию: Zoom.

Тема: Конференция. Организатор Макшанова Яна Евгеньевна

Время: Это регулярная конференция Начать в любое время

Подключиться к конференции Zoom

<https://us04web.zoom.us/j/4306900057?pwd=Y1FBWkRwTzBiTmx4blhMMFNPQmV4Zz09>

Идентификатор конференции: 430 690 0057

Код доступа: 111111