10. ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

§ 10.1 Основные понятия и определения

Переменным *называется ток, который с течением времени изменяет свою величину.*

Квазистационарным *называется переменный ток, который во всех сечениях неразветвлённой электрической цепи имеет одинаковую силу тока.*

Квазистационарность объясняется большой скоростью распространения электромагнитных возмущений по электрической цепи.

Периодическим переменным током *называется ток, характеристики которого повторяются через определённый промежуток времени*, называемый ***периодом***.

В промышленности наибольшее распространение получил синусоидальный переменный ток, то есть ток, величина которого изменяется со временем по закону синуса или косинуса:

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

Только синусоидальные токи не изменяют свою форму токов и напряжений во всех участках линейных электрических цепей.

§ 10.2 Основные характеристики переменного синусоидального тока

Мгновенными значениями *силы тока* $\boldsymbol{i}$, *напряжения* $\boldsymbol{u}$, *ЭДС* $\boldsymbol{e}$ *и мощности* $\boldsymbol{p}$ *в цепях переменного тока называют их значения в данный момент времени.*

Амплитудными значениями *силы тока* $\boldsymbol{I_m}$, *напряжения* $\boldsymbol{U_m}$, *ЭДС* $\boldsymbol{E_m}$ *и мощности* $\boldsymbol{P_m}$ *в цепях переменного тока называют наибольшие мгновенные значения этих величин в случае синусоидального переменного тока за период.*

Периодом Т *называется наименьший промежуток времени, через который переменный ток повторяет свои значения в той же самой последовательности.*

Линейной частотой ν *переменного периодического тока называется величина обратная периоду:*

$$\nu = \frac{1}{T} .$$

Циклической частотой ω *переменного периодического тока называется величина, равная*:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu .$$

Эффективным (или действующим) значением *переменного тока* $\boldsymbol{I_{эфф}}$ *называется такая величина силы постоянного тока, который оказывал бы в цепи такое же тепловое воздействие.*

В случае синусоидального тока расчёты показывают, что

$$I_{эфф} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ и } U_{эфф} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} .$$

(Амперметры и вольтметры в цепях переменного тока показывают действующие значения силы тока и напряжения на участке электрической цепи).

Все элементы электрической цепи обладают сопротивлением. Различают два вида сопротивления: активное и реактивное. Если при прохождении тока через элемент цепи происходит только необратимое превращение электрической энергии в теплоту, то сопротивление такого участка цепи называют ***активным***. Если такого превращения не происходит, то сопротивление называют ***реактивным***.

Элемент цепи с активным сопротивлением называется ***резистором***. Реактивным сопротивлением – емкостным и индуктивным – обладают соответственно конденсаторы и катушки индуктивности.

Реактивные сопротивления в цепи переменного тока создают разность фаз между напряжением и током (то есть они не одновременно достигают своего максимального значения).

Элементы цепи называются ***идеальными***, если они обладают только одним видом сопротивления – активным, емкостным или индуктивным.

В дальнейшем мы будем рассматривать только идеальные элементы цепи.
Если сопротивление элемента цепи не зависит от величины тока, протекающего через него, то такой элемент называется ***линейным***.
Сопротивлением участка цепи постоянного тока называют величину равную:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Сопротивлением участка цепи переменного тока называют величину равную:

$$R = \frac{U_{эфф}}{I_{эфф}} = \frac{U_m}{I_m}.$$

В цепях переменного тока кроме нагрева проводов имеются дополнительные процессы, обусловленные изменяющимися во времени магнитными и электрическими полями, что оказывает влияние на величину и форму тока в цепи и может приводить к дополнительным потерям электрической энергии. Поэтому анализ явлений, происходящих в цепях переменного тока, значительно усложняется.
К мгновенным значениям квазистационарных токов можно применять законы Ома и правила Кирхгофа (однако при этом необходимо учитывать возникающую при изменении тока ЭДС электромагнитной индукции).

§ 10.3 Графическое изображение переменного тока (метод векторных диаграмм)

Переменный ток в отличие от постоянного тока характеризуется двумя величинами: амплитудой и фазой. Поэтому переменный ток удобно изображать в виде векторов на плоскости в полярных координатах (см. рис. 10.1)
В этом случае:
- длина вектора равна амплитудному значению силы тока,
- начальный угол расположения вектора соответствует начальной фазе,
- вектор вращается вокруг точки О с угловой скоростью, равной циклической частоте тока,
- мгновенное значение тока равно проекции вектора тока на ось.

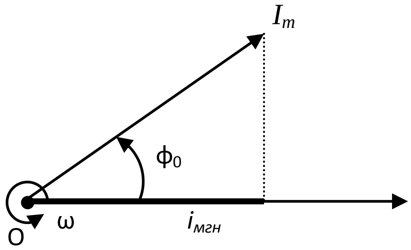
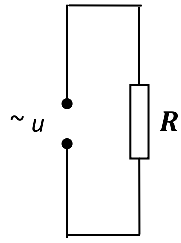


Рис. 10.1

Аналогично можно изображать напряжения в цепи.
Существуют так же аналитический (с помощью тригонометрических функций) и символический (с помощью комплексных чисел) способы описания переменного тока.

§ 10.4 Цепь переменного тока только с активным сопротивлением $(C = 0, \quad L = 0)$



Пусть напряжение в цепи меняется по закону:

$$u = U_m \sin \omega t. \qquad (10.1)$$

Тогда по закону Ома

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t, \qquad (10.2)$$

где

$$I_m = \frac{U_m}{R}. \qquad (10.3)$$

Уравнение (10.3) представляет собой ***закон Ома для цепи переменного тока только с активным сопротивлением.***

Из сравнения (10.1) и (10.2) следует: $\begin{cases} u = U_m \sin \omega t, \\ i = I_m \sin \omega t, \end{cases}$

то есть ток и напряжение в такой цепи изменяются синфазно.
Векторная диаграмма в этом случае имеет вид рис. 10.2.

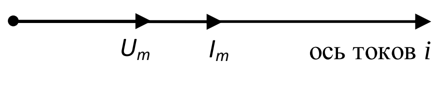
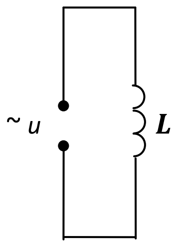


Рис. 10.2

Ошибка!

§ 10.5 Цепь переменного тока только с идеальной индуктивностью

$$\left(R=0,\quad C=0\right)$$



Пусть напряжение в цепи меняется по закону:

$$u=U_m \sin\omega t \qquad (10.4)$$

При протекании по катушке индуктивности переменного тока, в ней возникает ЭДС самоиндукции $e_s=-L\frac{di}{dt}$.

Тогда по второму правилу Кирхгофа можно записать:

$$u=-e_s \quad \Rightarrow \quad u=L\frac{di}{dt} \quad \Rightarrow \quad \frac{di}{dt}=\frac{u}{L}=\frac{U_m}{L}\sin\omega t .$$

Таким образом, имеем: $i=\int\frac{U_m}{L}\sin\omega t dt=-\frac{U_m}{\omega L}\cos\omega t+Const=\frac{U_m}{\omega L}\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})+Const$.

Если в цепи отсутствует составляющая постоянного тока, то $Const=0$ и

$$i=\frac{U_m}{\omega L}\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})=I_m\sin(\omega t-\frac{\pi}{2}), \qquad (10.5)$$

где

$$I_m=\frac{U_m}{\omega L}. \qquad (10.6)$$

Уравнение (10.6) представляет собой ***закон Ома для цепи переменного тока с идеальной индуктивностью.***

Из уравнения (10.6) следует, что роль сопротивления в такой цепи играет величина $\boldsymbol{X_L=\omega L}$, называемая реактивным индуктивным сопротивлением. $\left[\boldsymbol{X_L}\right]=\left[\boldsymbol{Ом}\right]$.

Из сравнения (10.4) и (10.5) следует: $\begin{cases} u=U_m\sin\omega t, \\ i \;=I_m\sin(\omega t-\frac{\pi}{2}) \end{cases}$,

то есть в такой цепи ток отстаёт от напряжения по фазе на $\boldsymbol{\frac{\pi}{2}}$.

Векторная диаграмма в этом случае имеет вид рис. 10.3.

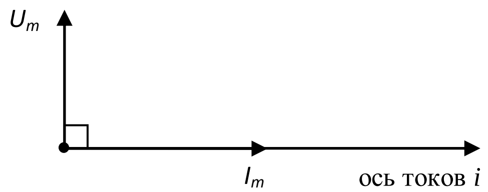


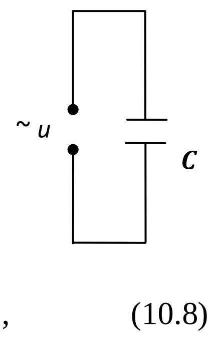
Рис. 10.3

§ 10.6 Цепь переменного тока только с идеальной ёмкостью

$$\left(R=0,\quad L=0\right)$$

Пусть напряжение в цепи меняется по закону:

$$u=U_m\sin\omega t . \qquad (10.7)$$



Мгновенное значение силы тока в такой цепи с ёмкостью по закону сохранения электрического заряда равно скорости изменения заряда на обкладках конденсатора, то есть: $i=\frac{dq}{dt}$.

Так как $\boldsymbol{q=Cu}$, следовательно,

$$i=\frac{dCu}{dt}=C\frac{du}{dt}=\frac{dU_m\sin\omega t}{dt}=\omega CU_m\cos\omega t=I_m\sin(\omega t+\frac{\pi}{2}), \qquad (10.8)$$

где $$I_m = \omega C U_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}}. \qquad (10.9)$$

Уравнение (10.9) представляет собой ***закон Ома для цепи переменного тока с идеальной ёмкостью.***

Из уравнения (10.9) следует, что роль сопротивления в такой цепи играет величина: $X_C = \frac{1}{\omega C}$, называемая реактивным емкостным сопротивлением. $\left[X_C\right] = Ом$.

Из сравнения (10.7) и (10.8) следует: $\begin{cases} u = U_m \sin\omega t, \\ i = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \end{cases}$,

то есть в такой цепи ток опережает напряжение по фазе на $\frac{\pi}{2}$.

Векторная диаграмма в этом случае имеет вид рис.10.4.

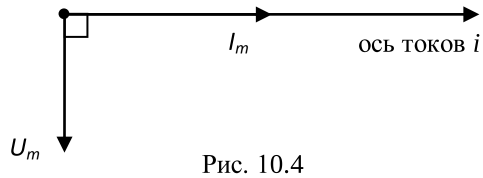


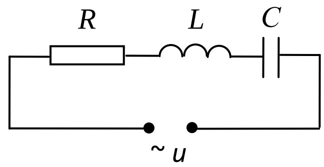
Рис. 10.4

§ 10.7 Цепь переменного тока, содержащая последовательно включённые *R, L* и *C*

При изучении цепей переменного тока следует иметь ввиду, что мгновенные значения величин ***i, u, e, p*** складываются алгебраически (например, $u = u_R + u_L + u_C$), а амплитудные и действующие значения этих величин $\boldsymbol{I_m}$, $\boldsymbol{U_m}$, $\boldsymbol{E_m}$, $\boldsymbol{P_m}$ складываются геометрически (например, $\vec{U}_m = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$).

Пусть напряжение в цепи меняется по закону:

$$u = U_m \sin\omega t. \qquad (10.10)$$



Амплитуду приложенного в цепи напряжения $\boldsymbol{U_m}$ можно найти по уравнению $\vec{U}_m = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$ с помощью векторной диаграммы.

Так как в нашем случае **R, L** и **C** соединены последовательно, то через них протекает одинаковый по величине ток, поэтому в качестве основной оси отсчёта выберем ось токов. Тогда, принимая всё вышесказанное, векторная диаграмма будет иметь вид рис. 10.5. Из рисунка по теореме Пифагора имеем:

$$U_m = \sqrt{U_R^2 + (U_L + U_C)^2} \quad \text{или} \quad U_m = \sqrt{I_R^2 R^2 + (I_m \omega L - \frac{I_m}{\omega C})^2}.$$

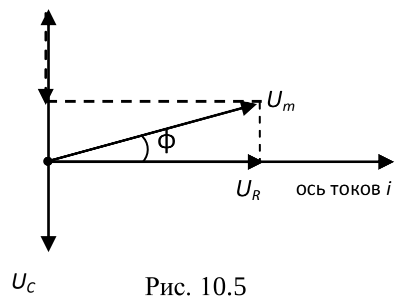


Рис. 10.5

Тогда: $$U_m = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}.$$

Окончательно имеем: $$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U_m}{Z}. \qquad (10.11)$$

Уравнение (10.11) представляет собой ***закон Ома для цепи переменного тока с последовательно соединёнными R, L и C.***

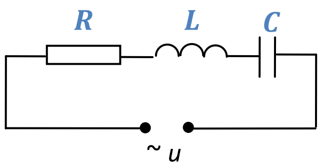
Из уравнения (10.11) следует, что роль сопротивления в такой цепи играет величина $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$, называемая ***полным сопротивлением цепи*** или ***импедансом.***

$\left[Z\right] = Ом$.

Сила тока в такой цепи изменяется по закону $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$, где сдвиг фаз φ между напряжением ***u*** и силой тока ***i*** можно найти из векторной диаграммы (см. рис. 10.5):

$$tg\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \dfrac{1}{\omega C}}{R}\ .$$

§ 10.8 Резонанс напряжений



Рассмотрим последовательно соединённые ***R, L*** и ***C***.
Пусть напряжение в цепи изменяется по закону $u = U_m \sin\omega t$.
Раньше мы получили, что в этом случае закон Ома имеет вид:

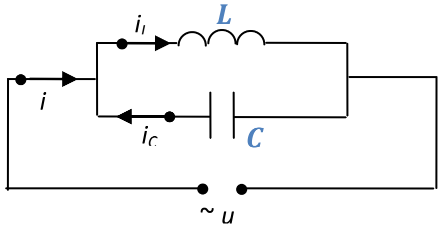
$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \dfrac{1}{\omega C})^2}}\ . \qquad (10.12)$$

Из уравнения (10.12) следует, что если будет выполняться условие $\omega L = \dfrac{1}{\omega C}$, то полное сопротивление цепи становиться минимальным и равным активному сопротивлению цепи ***R*** и, следовательно, ток в цепи при заданном напряжении достигает максимального значения. При этом напряжение на активном сопротивлении становится равным внешнему напряжению $\boldsymbol{u_R = u}$, а напряжения на ёмкости и индуктивности оказываются равными по величине и противоположными по фазе, то есть $\boldsymbol{u_C = u_L}$, причём напряжения $\boldsymbol{u_C}$ и $\boldsymbol{u_L}$ оказываются больше напряжения в цепи, то есть $\boldsymbol{u_C = u_L > u}$.

Такое явление в цепи переменного тока называется ***резонансом напряжения или последовательным резонансом.***

Условию $\omega L = \dfrac{1}{\omega C}$ соответствует частота $\omega_{рез} = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$, называемая ***резонансной частотой***.

§ 10.9 Резонанс токов



Рассмотрим цепь переменного тока, содержащую параллельно соединённые ***L*** и ***C***, активное сопротивление которых очень мало (т.е. ***R* = 0**).
Пусть напряжение в цепи изменяется по закону

$$u = U_m \sin\omega t\ .$$

Мы получили, что в ветви конденсатора в этом случае течёт ток

$$i_C = I_{m_C} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}), \qquad (10.13)$$

амплитуда которого

$$I_{m_C} = \omega C U_m = \frac{U_m}{\dfrac{1}{\omega C}}\ ,$$

а в ветви катушки индуктивности течёт ток

$$i_L = I_{m_L} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}), \qquad (10.14)$$

амплитуда которого

$$I_{m_L} = \frac{U_m}{\omega L}.$$

Из анализа уравнений (10.13) и (10.14) следует, что, так как разность фаз между токами текущими через ***L*** и ***C*** равна ***π***, следовательно, в ветвях ***L*** и ***C*** они текут в противоположных направлениях. Тогда амплитуда силы тока в неразветвлённой цепи будет равна:

$$I_m = \left| I_{m_C} - I_{m_L} \right| = \left| U_m \omega C - \frac{U_m}{\omega L} \right| = U_m \left| \omega C - \frac{1}{\omega L} \right|. \qquad (10.15)$$

Из уравнения (10.15) следует, что если будет выполняться условие $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ (это наблюдается при резонансной частоте $\omega_{рез} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$), то во внешней цепи тока не будет, то есть токи, текущие через конденсатор и катушку индуктивности, оказываются больше, чем ток в неразветвлённой цепи.

Явление резкого уменьшения амплитуды силы тока во внешней цепи, питающей параллельно соединённые L и C, при приближении частоты приложенного напряжения к резонансной частоте $\omega_{рез} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ называется ***резонансом токов или параллельным резонансом***.

Вопросы для самопроверки

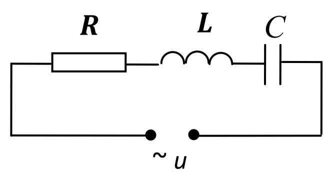
1. Переменный электрический ток и его основные характеристики.
2. Цепь переменного тока только с активным сопротивлением, с идеальной емкостью и идеальной индуктивностью. Законы Ома и векторные диаграммы для таких цепей.
3. Цепь переменного тока, содержащая последовательно соединенные активное сопротивление, ёмкость и индуктивность. Закон Ома и векторная диаграмма для такой цепи.
4. Явление последовательного и параллельного резонанса в цепи переменного тока.

§ 10.10 Примеры решения задач

Пример 10.1 В цепь переменного тока напряжением $U_{эфф} = 220\,B$ и частотой ν = ***50 Гц*** включены последовательно конденсатор ёмкостью ***C = 35,4 мкФ***, резистор сопротивлением ***R = 100 Ом*** и катушка индуктивностью ***L = 700 мГн***. Найти эффективное значение силы тока в цепи $I_{эфф}$, падения напряжения на конденсаторе U_C, резисторе U_R и катушке индуктивности U_L, а так же сдвиг по фазе φ между напряжением и током в цепи.

Решение:

Эффективное значение силы тока найдём по закону Ома для такой цепи:



$$I_{эфф} = \frac{U_{эфф}}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}},$$

так как $\omega = 2\pi\nu$, следовательно,

$$I_{эфф} = \frac{U_{эфф}}{\sqrt{R^2 + (2\pi\nu \ L - \frac{1}{2\pi\nu \ C})^2}}, \quad \text{тогда}$$

$$I_{эфф} = \frac{220}{\sqrt{100^2 + (2\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 0{,}7 + \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 35{,}4\cdot 10^{-6}})^2}} A = 1{,}34\ A\ .$$

Далее имеем:

$$U_R = I_{эфф} R = 1{,}34\ A\cdot 100\ Ом = 134\ B\,,$$

$$U_c = I_{эфф} X_c = I_{эфф}\frac{1}{\omega C} = I_{эфф}\frac{1}{2\pi\nu \ C} = \frac{1{,}34}{2\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 35{,}4\cdot 10^{-6}}\ B = 121\ B\ .$$

$$U_L = I_{эфф} X_L = I_{эфф}\omega L = I_{эфф} 2\pi\nu \ L = 1{,}34\cdot 2\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 0{,}7\ \ B = 295\ B\,.$$

Сдвиг по фазе между напряжением и силой тока найдём по формуле:

$$tg\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}}{R}, \quad \text{тогда} \quad tg\varphi = \frac{2\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 0{,}7 - \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 50\cdot 35{,}4\cdot 10^{-6}}}{100} = 0{,}9.$$

окончательно имеем: $\varphi = arctg\ \ 0{,}9 = 42^{\circ}$.

Ответ: $I_{эфф} = 1{,}34\ A; U_R = 134\ B; U_C = 121\ B; U_L = 295\ B;\quad \varphi = 42^{\circ}$

Пример 10.2 Сила тока в цепи изменяется со временем по закону $\boldsymbol{i = 8{,}5\sin(314t + 0{,}651)A}$. Определить эффективное значение силы тока в цепи, его начальную фазу и линейную частоту. Чему будет равна сила тока в цепи в момент времени **0,08 с**?

Решение:

Из сравнения уравнения $i = 8{,}5\,sin(314t + 0{,}651)A$

с уравнением в общем виде $i = I_m\,sin(\omega t + \varphi_0)$, имеем:

$$I_m = 8{,}5\,A\ ,\quad \omega = 314\,\frac{рад}{c}\ ,\quad \varphi_0 = 0{,}651\quad рад.$$

Так как $I_{эфф} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$, следовательно, $I_{эфф} = \frac{8{,}5}{\sqrt{2}}\ A = 6\ A$.

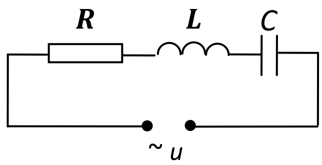
$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$, следовательно, $\nu = \frac{314}{2\cdot 3{,}14}\,Гц = 50\ Гц$.

$i_1 = 8{,}5\,sin(314t_1 + 0{,}651)A$, поэтому $i_1 = 8{,}5\,sin(314\cdot 0{,}08 + 0{,}651)\,A = 5{,}1\ A$.

Ответ: $I_{эфф} = 6A;\ \varphi_0 = 0{,}651рад\ ;\ \nu = 50Гц\ \ ;\ i_1 = 5{,}1A$.

Пример 10.3 В сеть переменного тока с эффективным напряжением $\boldsymbol{U_{эфф} = 110\,B}$ и частотой $\boldsymbol{\nu = 100\ Гц}$ последовательно включены конденсатор ёмкостью ***С=50 мкФ***, катушка индуктивностью ***L=200 мГн*** и резистор сопротивлением ***R=4 Ом***. Определить частоту тока, при которой в данном контуре наступит резонанс напряжений, а так же силу тока и напряжения на катушке и конденсаторе при резонансной частоте.

Решение:



Эффективное значение силы тока найдём по закону Ома для такой цепи:

$$I_{эфф} = \frac{U_{эфф}}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}. \qquad (1)$$

Резонанс наблюдается при частоте $\omega_{рез} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, таким образом:

$$\omega_{рез} = \frac{1}{\sqrt{200\cdot 10^{-3}\cdot 50\cdot 10^{-6}}}\,Гц = 316\,Гц.$$

Так как при резонансной частоте $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, то из уравнения (1) следует, что $I_{рез} = \frac{U_{эфф}}{R}$.

Таким образом: $I_{рез} = \frac{110}{4}\ A = 27{,}5\ A$.

При резонансе выполняется условие $U_{C\,рез} = U_{L\,рез}$.

Так как $U_{L\,рез} = I_{рез}\omega_{рез}$, следовательно, $U_{L\,рез} = 27{,}5\cdot 316\cdot 200\cdot 10^{-3}\ B = 1738\ B$

Ответ: $\omega_{рез} = 316\ Гц; I_{рез} = 27{,}5\,A\ ;\ U_{C\,рез} = U_{L\,рез} = 1738\ B$.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 10.1 Переменное напряжение с частотой и амплитудой подключено к концам цепи, состоящей из последовательно соединённых конденсатора и катушки с активным сопротивлением 40 Ом и индуктивностью 0.36 Гн. При каком значении ёмкости конденсатора амплитуда напряжения на катушке будет максимальной? Чему равна эта амплитуда и соответствующая амплитуда напряжения на конденсаторе?

Ответ: $C = 28\,мкФ$; $U_L^{max} = U_C^{max} = 510\,В$

Задача 10.2 Найти индуктивность катушки, если амплитуда переменного напряжения на её концах 157 В, амплитуда силы тока 5 А и частота тока 50 Гц. Активным сопротивлением катушки можно пренебречь. ***Ответ:*** $L = 0.1\ Гн$

Задача 10.3 Соленоид индуктивностью 2 Гн и сопротивлением 10 Ом включен в сеть постоянного тока с напряжением 20 В, а затем в сеть переменного тока с эффективным напряжением 20 В и частотой 0.4 кГц. Найти силу тока, проходящего через соленоид в первом случае и амплитуду силы тока во втором случае.

Ответ: $I = 2A$; $I_m = \dfrac{U\sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2\nu^2L^2}} = 5.6\ мА$

Задача 10.4 К источнику переменного напряжения подключены последовательно катушка индуктивностью 0.5 Гн, конденсатор ёмкостью 10 мкФ, активное сопротивление 100 Ом. Определите амплитудное значение силы тока, сдвиг фаз между током и напряжением и потребляемую мощность. ***Ответ:*** $I_m = 1.6\ A$; $\varphi = 57^o$; $P = 1134\ Вт$

Задача 10.5 В цепь последовательно включены резистор сопротивлением 1 кОм, катушка индуктивностью 0.5 Гн и конденсатор ёмкостью 1 мкФ. Найти индуктивное сопротивление, емкостное сопротивление и полное сопротивление цепи при частотах 50 Гц и 10 кГц.

Ответ: $X_{1L} = 157\ Ом$; $X_{2L} = 31.4\ Ом$; $X_{1C} = 31.8\ кОм$; $X_{2C} = 15.9\ Ом$; $Z_1 = 3.19\ кОм$; $Z_2 = 31.4\ кОм$

Задача 10.6 Цепь, находящаяся под напряжением 120 В, состоит из последовательно соединённых активного сопротивления 6 Ом и реактивных 10 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на каждом сопротивлении.

Ответ: $I = \dfrac{U}{R} = 20\,A$; $U_C = U_L = \dfrac{U}{R}X_L = 200\,В$; $U_R = U = 120\,В$

Задача 10.7 Напряжение на концах участка цепи, по которому течёт переменный ток, изменяющийся с течением времени по закону . В момент времени напряжение на участке цепи равно 10 В. Найти амплитуду напряжения, циклическую частоту и линейную частоту тока, если период колебаний равен 0.01 с. ***Ответ:*** $U_m = 11.5\,В$; $\omega = 628\,c^{-1}$; $\nu = 100\,Гц$

Задача 10.8 Сила тока в цепи изменяется по закону $i = 8.5\sin(314 + 0.651)$. Определите действующее значение тока, его начальную фазу и частоту. Чему равна сила тока в цепи в момент времени 0.08 с и 0.042 с?

Ответ: $I = 6\ A$; $\varphi = 0.651\,рад$; $\nu = 50\,Гц$; $i_1 = 5\,A$; $i_2 = 8.14A$

Задача 10.9 Определите период и частоту переменного тока, если конденсатор ёмкостью 1 мкФ представляет для него сопротивление 16 Ом. ***Ответ:*** $T = 10^{-4}\,c$; $\nu = 10\ кГц$

Задача 10.10 К городской сети переменного тока с эффективным напряжением 127 В присоединена цепь, состоящая из последовательно включённых активного сопротивления 199 Ом и конденсатора ёмкостью 40 мкФ. Определите амплитуду силы тока в этой цепи.

Ответ: $I = \dfrac{U\sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + \dfrac{1}{4\pi^2\nu^2C^2}}} = 1.4\,A$