

Переменный ток

Перед решением задач данного листка необходимо проработать теоретические листки базового курса «Переменный ток. 1» и «Переменный ток. 2».

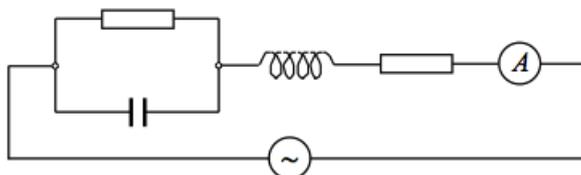
ЗАДАЧА 1. К источнику переменного напряжения $U = U_0 \cos \omega t$ подключены резистор сопротивлением R , конденсатор ёмкостью C и катушка индуктивностью L . Найдите установившийся ток через источник в следующих случаях:

- R, C, L включены последовательно;
- R, C, L включены параллельно;
- последовательно с R включён LC -контур;
- параллельно к R подключена LC -цепочка.

При каком условии: 1) сопротивление LC -цепочки обращается в нуль; 2) сопротивление LC -контура — в бесконечность?

См. конспект

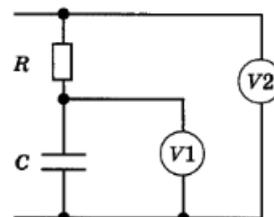
ЗАДАЧА 2. (МОШ, 2018, 11) Электрическая цепь, состоящая из двух резисторов, конденсатора и катушки индуктивности подключена к источнику переменного синусоидального напряжения, которое изменяется с частотой 50 Гц. Показание идеального амперметра переменного тока равно 1 А. Найдите среднюю по времени мощность, выделяемую в цепи, если сопротивление каждого резистора равно 100 Ом, а ёмкость конденсатора 10 мкФ.



$$P = I^2 R \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{z(C)z(L)}{R^2}} \right) = 191 \text{ Вт}$$

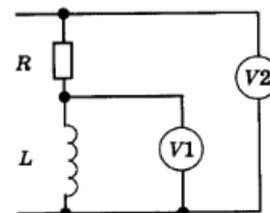
ЗАДАЧА 3. (МФТИ) Через последовательно соединённые резистор сопротивлением R и конденсатор ёмкостью C течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Вольтметр $V1$ показывает напряжение U_1 . Найдите показание вольтметра $V2$. Сопротивление вольтметра $V1$ очень велико.

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

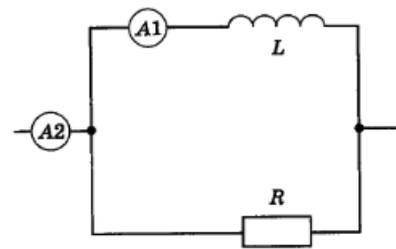


ЗАДАЧА 4. (МФТИ) Через последовательно соединённые резистор сопротивлением R и катушку индуктивностью L течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Вольтметр $V1$ показывает напряжение U_1 . Найдите показание вольтметра $V2$. Сопротивление вольтметра $V1$ очень велико.

$$z_L = \omega L$$

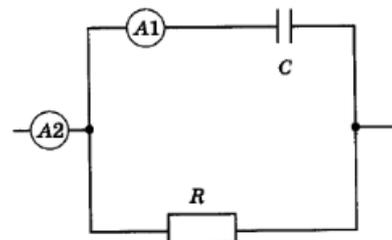


ЗАДАЧА 5. (МФТИ) Через параллельно соединённые резистор сопротивлением R и катушку индуктивностью L течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Амперметр $A1$ показывает силу тока I_1 . Найдите показание амперметра $A2$. Сопротивление амперметра $A1$ очень мало.



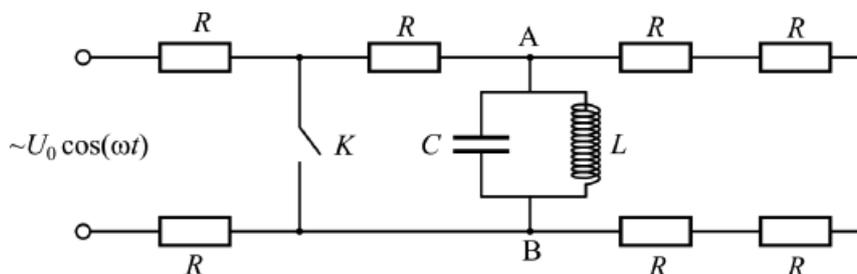
$$\frac{\tau_H}{\tau_I \tau^\omega} + 1 \sqrt{I} = \tau_I$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ) Через параллельно соединённые резистор сопротивлением R и конденсатор ёмкостью C течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Амперметр $A1$ показывает силу тока I_1 . Найдите показание амперметра $A2$. Сопротивление амперметра $A1$ очень мало.



$$\frac{\tau_C \tau_H \tau^\omega}{\tau_I} + 1 \sqrt{I} = \tau_I$$

ЗАДАЧА 7. («Курчатов», 2017, 11) В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все резисторы одинаковые и сопротивление каждого из них равно R . Цепь очень давно подключена к источнику переменного напряжения $U(t) = U_0 \cos \omega t$. Ёмкость C конденсатора и индуктивность L катушки подобраны таким образом, что выполняется соотношение: $\omega L = 1/(\omega C)$.



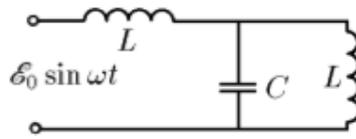
- 1) Найдите максимальное напряжение на конденсаторе.
- 2) Найдите максимальную силу тока, протекающего через катушку.
- 3) Ключ K замыкают в момент, когда ток через катушку не течёт. Найдите количество теплоты, которое выделится в каждом из резисторов, расположенных на рисунке справа от ключа K , после его замыкания.
- 4) Как изменятся ответы для количеств теплоты, выделившихся в тех же резисторах, если ключ замыкают в момент, когда ток через катушку максимален?
- 5) Как изменятся ответы на вопросы 1), 2), 3) и 4), если катушка и конденсатор будут подключены к тем же точкам A и B не параллельно друг другу, а последовательно друг за другом?

См. концепт логика

ЗАДАЧА 8. (Савченко, 11.4.4) Генератор с ЭДС $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$ в момент $t = 0$ подключают к катушке индуктивности L . Определите зависимость тока в цепи от времени. Активным сопротивлением цепи можно пренебречь. Объясните полученный результат.

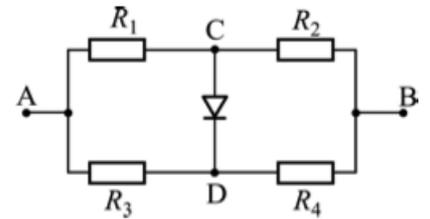
$$(I \cos \omega t - I) \frac{I \omega}{\mathcal{E}_0} = I$$

ЗАДАЧА 9. (Савченко, 11.4.14) Найдите установившийся ток в цепи, изображённой на рисунке.



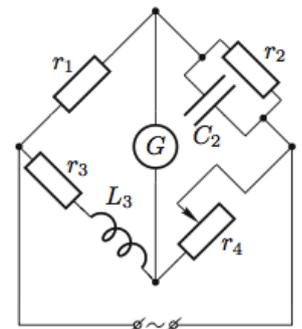
$$I_{\text{max}} \cos \left(\frac{\omega L^2 \omega^2 - \omega C}{1 - \omega L^2 \omega^2} \right) = I$$

ЗАДАЧА 10. (МОШ, 2011, 11) Участок AB электрической цепи состоит из резисторов с сопротивлениями $R_1 = R_0$, $R_2 = 9R_0$, $R_3 = 9R_0$, $R_4 = R_0$, где $R_0 = 1$ кОм, и идеального диода CD (см. рисунок). Идеальный диод пропускает ток без сопротивления в направлении от C к D и не пропускает совсем в обратном направлении. Участок AB подключают к источнику переменного синусоидального напряжения $U_{AB}(t) = U_m \sin \omega t$, амплитуда которого равна $U_m = 300$ В. Какая тепловая мощность будет выделяться на этом участке?



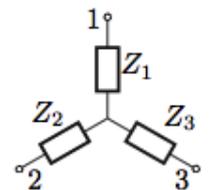
$$P = \frac{0.9 U_m^2}{1.7 \sqrt{2}} = 17 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 11. (Всеросс., 2006, финал, 11) Для определения ёмкости C_2 и сопротивления утечки r_2 конденсатора собрана мостовая схема (рис.), которая сбалансирована при подключении гармонического переменного напряжения. Оказалось, что баланс моста не нарушается при любом изменении частоты напряжения. Чему равны параметры C_2 и r_2 , если известно, что $r_1 = 2500$ Ом, $r_3 = 10$ Ом, $L_3 = 1$ Гн, $r_4 = 800$ Ом. Гальванометр измеряет действующее значение силы тока.



$$r_2 = \frac{r_1 r_3}{r_4} = \frac{2500 \cdot 10}{800} = 31.25 \text{ Ом}$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2016, финал, 11) Три элемента, среди которых могут быть резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности, соединены звездой (см. рисунок). При подключении источника переменного напряжения к выводам 1 и 2 цепи вольтметр переменного тока, подключенный к выводам 1 и 3, показывает 80 В. При подключении вольтметра к выводам 2 и 3 он показывает 45 В. При подключении того же источника к выводам 1 и 3 вольтметр показывает 21 В между выводами 2 и 3 и 28 В между 1 и 2. При подключении источника к выводам 2 и 3 вольтметр показывает 21 В между 1 и 2 и 28 В между 1 и 3.



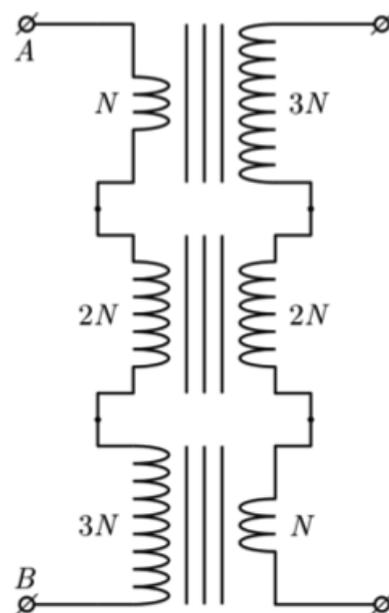
- 1) Определите напряжение источника.
- 2) Определите элементы цепи, соответствующие лучам звезды. Можно ли однозначно установить тип элементов цепи?
- 3) Определите отношение силы токов $I_{12} : I_{13} : I_{23}$ через источник при его подключении к выводам 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3.

Источник, вольтметр и все элементы цепи можно считать идеальными.

$$I_{12} : I_{13} : I_{23} = 35 : 28 : 60$$

Задача 13. (МОШ, 2018, 11) В лаборатории решили изготовить три трансформатора с одинаковыми сердечниками. На каждый из сердечников намотали по $4N$ витков провода, по-разному распределив их между первичными и вторичными обмотками трансформаторов. Три полученных трансформатора соединили в цепь, схема которой показана на рисунке. На вход цепи (контакты A и B) подали гармоническое напряжение, а к выходу цепи никакой нагрузки не подключили. Каким может быть для этой цепи отношение амплитуды выходного напряжения к амплитуде входного напряжения? Влиянием обмоток соседних трансформаторов друг на друга можно пренебречь.

1 : 7, 2 : 7 или 2 : 1



Ответ к задаче 1

a) $I = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}} \cos(\omega t + \varphi), \operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R}.$

б) $I = U_0 \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} \cos(\omega t - \varphi), \operatorname{tg} \varphi = R \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right).$

в) $I = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2}} \cos(\omega t + \varphi), \operatorname{tg} \varphi = R \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right).$

г) $I = U_0 \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \cos(\omega t - \varphi), \operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}.$

Ответ к задаче 7

1) $U_{\max} = \frac{4}{7}U_0.$ 2) $I_{\max} = \frac{4}{7}U_0\sqrt{\frac{C}{L}}.$

3) $Q_1 = \frac{32}{245}CU_0^2$ — в резисторе, расположенном между ключом и конденсатором;
 $Q_2 = \frac{2}{245}CU_0^2$ — в каждом из остальных четырёх резисторов.

4) Никак.

5) $U_{\max} = \frac{U_0}{3R}\sqrt{\frac{L}{C}}, I_{\max} = \frac{U_0}{3R}, Q_1 = \frac{2LU_0^2}{45R^2}, Q_2 = \frac{LU_0^2}{360R^2}.$