

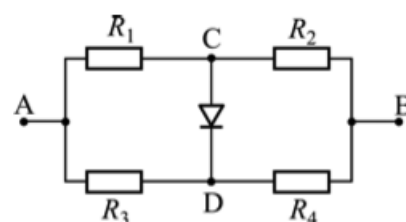
Переменный ток

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

Задача 1. (МОШ, 2019, 11) Для уменьшения средней мощности, выделяемой на включенной в сеть переменного тока лампе, последовательно с ней поставили диод. Прямое сопротивление диода много меньше сопротивления лампы, а обратное — равно сопротивлению лампы. Во сколько раз уменьшилась средняя за период мощность, выделяемая в лампе? Ответ округлите до десятых.

91

Задача 2. (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?



$$P = \frac{90R_0 U_m^2}{17L^2} = 17 \text{ Вт}$$

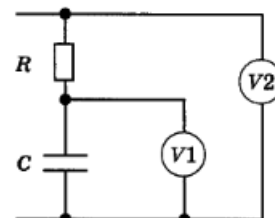
Задача 3. К источнику переменного напряжения $U = U_0 \cos \omega t$ подключены резистор сопротивлением R , конденсатор ёмкостью C и катушка индуктивностью L . Найдите установившийся ток через источник в следующих случаях:

- 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

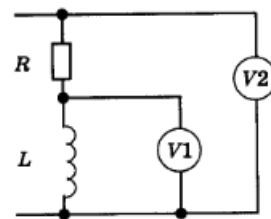
Задача 4. (МФТИ) Через последовательно соединённые резистор сопротивлением R и конденсатор ёмкостью C течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Вольтметр $V1$ показывает напряжение U_1 . Найдите показание вольтметра $V2$. Сопротивление вольтметра $V1$ очень велико.



$$U_2 = U_1 \sqrt{1 + \omega^2 LC^2 R^2}$$

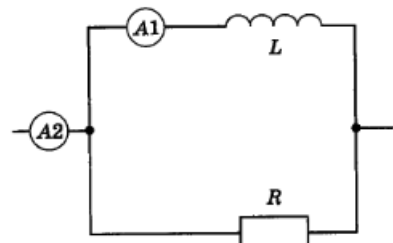
ЗАДАЧА 5. (МФТИ) Через последовательно соединённые резистор сопротивлением R и катушку индуктивностью L течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Вольтметр $V1$ показывает напряжение U_1 . Найдите показание вольтметра $V2$. Сопротивление вольтметра $V1$ очень велико.

$$\frac{\varepsilon I \varepsilon^{\omega}}{\varepsilon Y} + I \wedge \varepsilon \Omega = \varepsilon \Omega$$



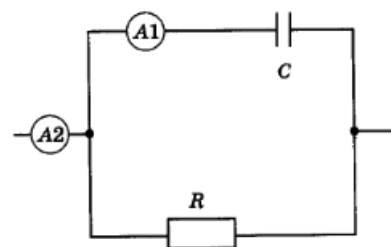
ЗАДАЧА 6. (МФТИ) Через параллельно соединённые резистор сопротивлением R и катушку индуктивностью L течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Амперметр $A1$ показывает силу тока I_1 . Найдите показание амперметра $A2$. Сопротивление амперметра $A1$ очень мало.

$$\frac{\varepsilon Y}{\varepsilon I \varepsilon^{\omega}} + I \wedge \varepsilon I = \varepsilon I$$

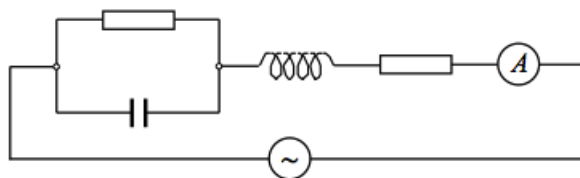


ЗАДАЧА 7. (МФТИ) Через параллельно соединённые резистор сопротивлением R и конденсатор ёмкостью C течёт переменный ток с циклической частотой ω (см. рисунок). Амперметр $A1$ показывает силу тока I_1 . Найдите показание амперметра $A2$. Сопротивление амперметра $A1$ очень мало.

$$\frac{\varepsilon \Omega \varepsilon Y \varepsilon^{\omega}}{I} + I \wedge \varepsilon I = \varepsilon I$$

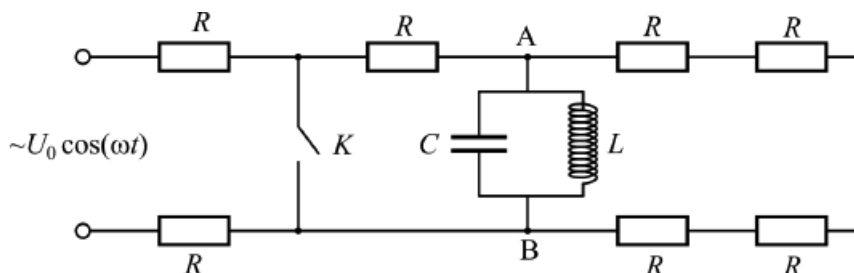


ЗАДАЧА 8. (МОШ, 2018, 11) Электрическая цепь, состоящая из двух резисторов, конденсатора и катушки индуктивности, подключена к источнику переменного синусоидального напряжения, которое изменяется с частотой 50 Гц. Показание идеального амперметра переменного тока равно 1 А. Найдите среднюю по времени мощность, выделяемую в цепи, если сопротивление каждого резистора равно 100 Ом, а ёмкость конденсатора 10 мкФ.



$$P = I^2 R \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{(2\pi\nu RC)^2}{1}} \right) = 191 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 9. («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: $\omega L = 1/(\omega C)$.



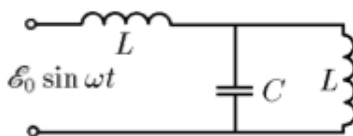
- 1) Найдите максимальное напряжение на конденсаторе.
- 2) Найдите максимальную силу тока, протекающего через катушку.
- 3) Ключ K замыкают в момент, когда ток через катушку не течёт. Найдите количество теплоты, которое выделится в каждом из резисторов, расположенных на рисунке справа от ключа K , после 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. конспект

ЗАДАЧА 10. (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.

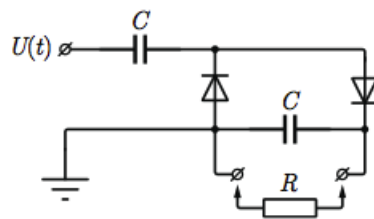
$$I \cos(\omega t - \pi/2) = I$$

ЗАДАЧА 11. (Савченко, 11.4.14) Найдите установившийся ток в цепи, изображённой на рисунке.



$$I \cos(\omega t - \arctan(\frac{\omega L - 1/\omega C}{\omega L})) = I$$

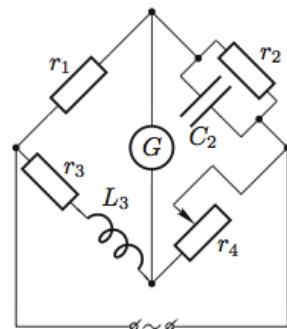
ЗАДАЧА 12. (МОШ, 2019, 11) На рис. приведена принципиальная схема преобразователя напряжения. На один из входов подаётся переменный потенциал (фаза) $U(t) = -U_0 \sin(\omega t)$ от бытовой сети (230 В, 50 Гц), другой вход имеет нулевой потенциал (заземлён). К выводам присоединяется нагрузка R . Диоды — идеальные. Ёмкость конденсаторов $C = 10$ мкФ, сопротивление нагрузки $R = 100$ кОм. При данных условиях через некоторое время после подключения к сети переменного тока схема обеспечивает почти (!) постоянное напряжение на нагрузке U_H .



1. Считая что нагрузка не подключена, найдите напряжение на выходе в момент времени: $t = T$; $t = 3T$; $t \gg T$. T — период колебаний потенциала на входе.
2. При подключенной нагрузке оцените по порядку величины, на сколько процентов может отклоняться напряжение на нагрузке от среднего значения U_H .

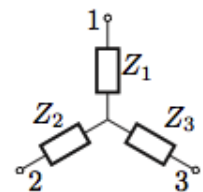
$$\% \Delta U = \frac{U_0}{U_H} \left(\frac{1}{\cos \varphi} - \cos \varphi \right) \approx 0,01 \frac{U_0}{U_H} \left(\frac{1}{\cos \varphi} - \cos \varphi \right)$$

ЗАДАЧА 13. (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.



$$C_2 = \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4} = \frac{2500 \cdot 10}{800 \cdot 800} = 0,0039 \text{ Ф} = 3,9 \text{ мкФ}$$

ЗАДАЧА 14. (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.

$$I_{12} : I_{13} : I_{23} = 35 : 60 : 21 \text{ В; } Z_1 \text{ — резистор, } Z_2 \text{ — конденсатор, } Z_3 \text{ — катушка индуктивности}$$

Ответ к задаче 3

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

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

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

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

Ответ к задаче 9

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

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

4) Никак.

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