

Легко проверить, что это выражение «превращается» при малых временах в половину тока I_0 , а при больших – в четверть этого тока. Для получения окончательного ответа не нужно проделывать те же операции для большого конденсатора – суммарный ток мы знаем, а заряд конденсатора емкостью $3C$ найдем по формуле

$$Q(t) = I_0 t - q(t).$$

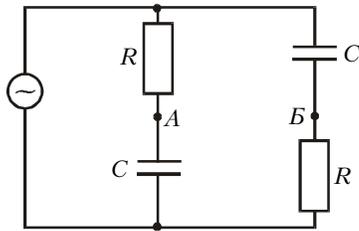
Напряжение источника равно сумме напряжений двух разных конденсаторов:

$$U(t) = \frac{q(t)}{C} + \frac{Q(t)}{3C} = \frac{q(t)}{C} + \frac{I_0 t - q(t)}{3C} = \frac{I_0 t}{3C} + \frac{2q(t)}{3C}.$$

Подставив в эту формулу выражение для заряда конденсатора C , мы получим окончательный вид зависимости $U(t)$. Для нахождения точного ответа на вопрос о выделенном количестве теплоты можно записать выражение для мгновенной тепловой мощности $P(t) = (I_0 - 2J(t))^2 R$ и проинтегрировать его на интервале $(0 - T)$ – это не очень сложно, но мы все же ограничимся приближенным ответом...

А.Теплов

Ф1696. Цепь из двух конденсаторов емкостью по 10 мкФ и двух резисторов сопротивлением по 1 кОм



(см. рисунок) подсоединена к источнику переменного напряжения 220 В , 50 Гц . Что покажет вольтметр, включенный между точками A и B ? А если вместо вольтметра подключить амперметр – какой ток он покажет?

А если включить в цепь ваттметр, подсоединив высокоомную его обмотку (обмотку напряжения) непосредственно к источнику, а низкоомную (токовую) к точкам A и B , – что он покажет?

Вольтметр, подключенный к точкам A и B цепи, покажет 220 В . Действительно, его показания равны разности напряжений конденсатора и резистора – с учетом фазового сдвига 90° . Сумма этих двух напряжений равна напряжению сети 220 В , а при таком фазовом сдвиге сумма и разность векторов равны по величине (это получается только при одинаковых парах элементов в цепи – мы прибавляем к напряжению на резисторе напряжение одного из конденсаторов, а вычитаем напряжение другого конденсатора).

С амперметром немного сложнее. Считая его сопротивление очень малым, получаем два одинаковых блока «резистор – конденсатор», соединенных последовательно. Напряжение на каждом из блоков равно половине напряжения сети, тогда ток любого резистора равен $I_R = 110 \text{ В} / 1000 \text{ Ом} = 0,11 \text{ А}$. Ток конденсатора найдем, воспользовавшись величиной его реактивного сопротивления $X = 2\pi fC = 318 \text{ Ом}$, – он составит $110 \text{ В} / 318 \text{ Ом} \approx 0,35 \text{ А}$. С учетом сдвига фаз найдем ток через амперметр:

$$I_A = \sqrt{0,11^2 + 0,35^2} \text{ А} \approx 0,36 \text{ А}.$$

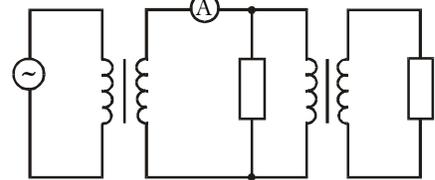
Показания ваттметра определяются средним по времени

значением произведения тока низкоомной обмотки, включенной как амперметр (действующее значение этого тока $I_A \approx 0,36 \text{ А}$), и напряжения высокоомной обмотки (действующее значение $U = 220 \text{ В}$). В нашем случае токи резисторов совпадают по фазе с напряжением сети, ток низкоомной обмотки сдвинут по фазе на угол $\varphi = \arccos(I_R/I_A)$. Тогда среднее значение произведения напряжения и тока составит

$$UI_A \cos \varphi = UI_A I_R / I_A = UI_R = 220 \text{ В} \cdot 0,11 \text{ А} = 24,2 \text{ Вт}.$$

З.Рафаилов

Ф1697. Каждый из двух одинаковых трансформаторов имеет две многовитковые обмотки, в одной из которых витков вдвое больше, чем в другой. Трансформаторы соединены между собой так, как показано на рисунке (никаких дополнительных подробностей нет!), и подключены к сети переменного напряжения 220 В . Что может показывать в этой схеме амперметр? Сердечники трансформаторов сделаны из материала с очень большой магнитной проницаемостью, потерь энергии в трансформаторах нет. Сопротивления резисторов – по 1 кОм каждое.



Тут возможны четыре различные схемы подключения обмоток трансформаторов: 1) оба трансформатора понижающие, 2) оба повышающие, 3) первый понижающий, второй повышающий и 4) первый повышающий, второй понижающий. В случае 1) напряжение на первом резисторе 110 В , на втором 55 В . Ток через амперметр совсем просто найти из энергетических соображений:

$$\frac{U}{2} I_1 = \frac{(U/2)^2}{R} + \frac{(U/4)^2}{R},$$

откуда

$$I_1 = \frac{220}{1000} \cdot \frac{5}{8} \text{ А} = \frac{11}{80} \text{ А} = 131,5 \text{ мА}.$$

В случае 2) получаем уравнение

$$2UI_2 = \frac{(2U)^2}{R} + \frac{(4U)^2}{R},$$

откуда

$$I_2 = \frac{440}{1000} \text{ А} + \frac{1760}{1000} \text{ А} = 2,2 \text{ А}.$$

В случае 3)

$$\frac{U}{2} I_3 = \frac{(U/2)^2}{R} + \frac{U^2}{R}, \text{ и } I_3 = \frac{110}{1000} \text{ А} + \frac{440}{1000} \text{ А} = 0,55 \text{ А}.$$

В случае 4)

$$2UI_4 = \frac{(2U)^2}{R} + \frac{U^2}{R}, \text{ и } I_4 = \frac{440}{1000} \text{ А} + \frac{110}{1000} \text{ А} = 0,55 \text{ А}.$$

Р.Александров