

опускать слова «сопротивлением» и «емкостью») равна нулю (конденсаторы C и $3C$ не заряжены). Легко сообразить, что эта разность потенциалов так и останется нулевой. Действительно,

отключим резистор $2R$ и посмотрим на разность потенциалов между точками его бывшего подключения: отношение токов, заряжающих конденсаторы C и $3C$, вначале равно $I_C : I_{3C} = 1 : 3$, значит, конденсаторы C и $3C$ заряжаются токами, пропорциональными их емкостям, а напряжения на резисторах R и $3R$ остаются одинаковыми. Если мы поставим на место выброшенный резистор, то ничего не изменится – ток через него течь не будет. Понятно, что не вся начальная энергия перейдет в тепло – конденсатор $2C$ разряжается (кстати, суммарным током $I_C + I_{3C}$), а конденсаторы C и $3C$ заряжаются, причем процесс этот никогда формально не закончится, хотя все идет к выравниванию всех трех напряжений. В результате конденсаторы оказываются соединенными параллельно – заряд получившегося конденсатора $6C$ равен исходному заряду $2CU_0$.

Итак, емкость возросла в 3 раза, при фиксированном заряде энергия уменьшилась в 3 раза – две трети ее перешли в тепло, что составило $2CU_0^2/3$. Ток через резистор R все время втрое больше, чем через $3R$, мощность на нем получается в $9/3 = 3$ раза больше, т.е. на меньшем резисторе рассеивается $3/4$ общего тепла, а на большем $1/4$. Тогда в резисторе R выделится $W_R = CU_0^2/2$ тепла, а в резисторе $3R$ – $W_{3R} = CU_0^2/6$.

А.Зильберман

Ф1725. Катушка индуктивности содержит много витков и намотана из проволоки с высоким удельным сопротивлением. Выводы катушки замкнуты между собой, около катушки расположен сильный постоянный магнит. Магнит очень быстро убирают, при этом в цепи появляется ток. За первые 100 мс выделяется 0,01 Дж тепла, за следующие 100 мс – еще 0,006 Дж. Какое общее количество теплоты выделится в цепи за большое время?

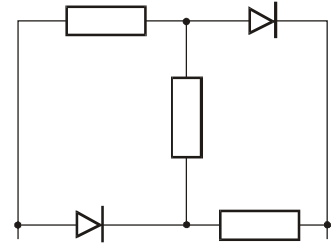
По мере уменьшения тока в цепи уменьшается и скорость спада этого тока – ЭДС индукции оказывается равной произведению тока в цепи на сопротивление проволоки, из которой сделана катушка. Запишем соответствующее уравнение и преобразуем его:

$$-L \frac{\Delta I}{\Delta t} = RI, \text{ или } -L \frac{\Delta I}{I} = R\Delta t.$$

Видно, что за равные интервалы времени ток уменьшается в одно и то же число раз – ясно, что это же относится и к рассеиваемой мощности. Следовательно, за следующие 100 мс выделится $0,01 \cdot 0,6^2$ Дж тепла, и полное количество теплоты можно найти в виде суммы:

$$W_{\text{полн}} = 0,01(1 + 0,6 + 0,6^2 + 0,6^3 + \dots) \text{ Дж} = \frac{0,01}{1 - 0,6} \text{ Дж} = 0,025 \text{ Дж}.$$

Ф1726. Цепочку из трех одинаковых резисторов сопротивлением R каждый и двух идеальных диодов подключили к источнику переменного напряжения с амплитудой U_0 (см. рисунок). Найдите среднюю тепловую мощность, выделяющуюся на каждом из резисторов.



Если диоды считать идеальными, то при одной полярности приложенного напряжения такой диод можно заменить куском провода, а при другой он представляет собой разрыв цепи. В нашем случае это означает, что в течение одной половины периода переменного напряжения, когда слева «плюс» и диоды открыты, резисторы соединены параллельно, а следующие полпериода, когда диоды закрыты (разрыв цепи диода), резисторы соединены последовательно, причем на каждом из них напряжение составляет треть приложенного к цепи напряжения. Теперь можно найти мощность, одинаковую на каждом резисторе:

$$P = 0,5 \cdot \frac{U_0^2}{2R} + 0,5 \cdot \frac{(U_0/3)^2}{2R} = \frac{5U_0^2}{18R}$$

(не забудьте – в условии задана амплитуда напряжения).
Р.Старов

Ф1727. В большом спортивном зале стены, пол и потолок оклеены звукопоглощающими (полностью поглощающими звук) покрытиями. На высоте $h = 5$ см от пола находится мощный точечный источник звука частоты $f = 2000$ Гц, излучающий звуковые волны равномерно во все стороны. Микрофон малых размеров находится на высоте $H = 3$ м от пола на расстоянии $L = 4$ м по горизонтали от источника. Подключенный к микрофону чувствительный вольтметр показывает амплитуду переменного напряжения $U = 0,01$ В. Как изменятся показания этого вольтметра, если удалить звукопоглощающее покрытие на полу под микрофоном? Считайте, что от пола звуковые волны отражаются без потерь энергии. Какими будут показания вольтметра в том случае, когда покрытие на полу будет восстановлено, но оно окажется очень тонким, качеством хуже и будет поглощать только половину падающей энергии волны, а ослабленная волна будет отражаться от пола зеркально?

В точке, где мы поместили микрофон, могут складываться несколько волн. Когда звукопоглощающее покрытие выполняло свою задачу, к микрофону приходила только прямая волна, она раскачивала мембрану микрофона и амплитуда переменного напряжения была пропорциональна амплитуде звуковых колебаний. Когда мы испортили покрытие, к микрофону дополнительно стала приходиться отраженная от пола волна, когерентная с прямой волной (рис.1). Найдем разность хода прямой и отраженной волн:

$$\sqrt{(H+h)^2 + L^2} - \sqrt{(H-h)^2 + L^2} = \frac{2Hh}{\sqrt{H^2 + L^2}} = 6 \text{ см}$$

(Окончание см. на с. 34)