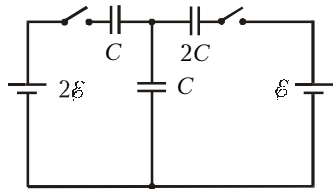


стью 100С будет практически разряжен, а почти вся его энергия окажется у конденсатора емкостью С. Если на этом остановиться, условие задачи окажется выполненным. Подумайте, однако, что произойдет, если продолжить процесс переключений.

А.Зильберман

Ф1680. В схеме, изображенной на рисунке, поочередно замыкают переключатели (перед замыканием одного из них другой размыкают). Найдите напряжение «среднего» конденсатора после большого числа переключений. Элементы цепи считайте идеальными. Конденсаторы вначале не заряжены.

Если вначале замкнуть левый ключ, присоединенный к батарейке с напряжением 2Е, конденсаторы емкостями С и 2С зарядятся каждый до напряжения Е, и дальнейшие включения-выключения уже ничего не изменят – конденсатор емкостью 2С не будет заряжаться вовсе (он подключается между плюсом батарейки с напряжением Е и плюсом конденсатора емкостью С, заряженного до такого же напряжения). Если же первым замкнуть правый ключ, присоединенный к батарейке с напряжением Е, то процесс будет более сложным. После первого замыкания этого ключа конденсатор емкостью 2С зарядится до напряжения Е/3, а «средний» конденсатор емкостью С – до напряжения 2Е/3. Разомкнем этот ключ и замкнем второй. Простой расчет показывает, что теперь «средний» конденсатор будет заряжен до 4Е/3, «правый» конденсатор – до напряжения 2Е/3, а заряд «левого» не изменится. Разомкнем этот ключ и снова замкнем первый – напряжение «среднего» конденсатора станет равным 8Е/9, а «левый» конденсатор зарядится до напряжения Е/9. Можно проводить анализ и дальше, но ясно, что напряжение «среднего» конденсатора приближается к Е, а напряжение «левого» – к нулю. Легко можно вывести формулу: после каждой пары переключений напряжение «левого» конденсатора уменьшается в три раза.



Итак, после большого числа переключений напряжение «среднего» конденсатора станет очень близким к Е.

А.Зильберман

Ф1681. На ферромагнитный кольцевой сердечник с очень большой магнитной проницаемостью намотаны две совершенно одинаковые обмотки – катушки индуктивностью L каждая. Последовательно с одной из обмоток включаем конденсатор емкостью С, к получившейся последовательной цепочке подключаем параллельно вторую обмотку. При помощи генератора синусоидального напряжения и лампочки накаливания исследуем свойства получившейся схемы (рис.1). Как меняется накал лампочки при изменении частоты генератора? Что изменится, если поменять местами выводы одной из обмоток?

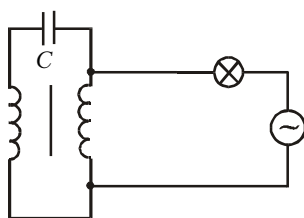


Рис. 1

В одном из возможных вариантов включения выводов

катушек напряжение, приложенное к конденсатору, все время равно нулю, и ток в левой части цепи течь вообще не будет – тогда останется только правая катушка. В этом случае накал лампочки при увеличении частоты генератора будет монотонно убывать – индуктивное сопротивление катушки пропорционально частоте.

Если теперь любую из катушек переключить наоборот, то напряжения катушек останутся равными, но теперь они не вычитаются, а складываются. Исследуем получившийся двухполюсник (рис.2): приложим к его выводам переменное напряжение $U(t) = U_0 \cos \omega t$ и посмотрим, какой ток потечет от источника. Напряжение одной из катушек равно напряжению источника, а равенство магнитных потоков через катушки приводит к тому, что и напряжение второй катушки будет таким же. Значит, к конденсатору будет приложено удвоенное напряжение источника, и через него будет идти ток $I_2 = -2U_0 \omega C \sin \omega t$. Поле, пронизывающее витки каждой из катушек, определяется разностью токов в них:

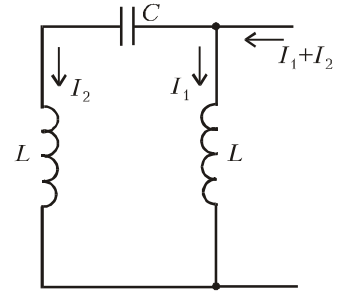


Рис. 2

$$L(I_1' - I_2') = U_0 \cos \omega t,$$

и

$$I_1 - I_2 = \frac{U_0}{\omega L} \sin \omega t.$$

Общий ток равен

$$I_1 + I_2 = (I_1 - I_2) + 2I_2 = U_0 \left(\frac{1}{\omega L} - 4\omega C \right) \sin \omega t,$$

а сопротивление двухполюсника составляет

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{\omega L} - 4\omega C} = \frac{\omega L}{1 - 4\omega^2 LC}.$$

Такая зависимость Z от частоты ω характерна для параллельного контура из катушки индуктивностью L и конденсатора емкостью 4C. Видно, что на низких частотах двухполюсник ведет себя как катушка, а на высоких – как конденсатор. Таким образом, накал лампочки становится большим на совсем низких и на достаточно высоких частотах. По мере возрастания частоты от малых значений накал лампочки уменьшается. На частоте $\omega_p = 1/(2\sqrt{LC})$ сопротивление двухполюсника возрастает до очень больших значений – при приближении к этой частоте накал лампочки уменьшается практически до нуля, а дальше снова возрастает при увеличении частоты.

З.Рафаилов

Ф1682. В половине шара радиусом R из прозрачного стекла с коэффициентом преломления $n = 2$ сделано симметричное сферическое углубление так, что толщина стекла на линии центров сфер составляет R/2 (рис.1). Точечный источник света помещен в точке А (в центре внешней сфе-

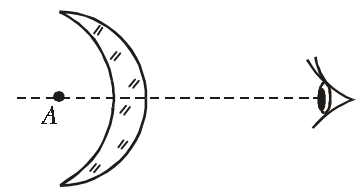


Рис. 1