

**Ф1739.** В схеме, изображенной на рисунке, все три батарейки одинаковые, напряжение каждой составляет 3 В, два резистора имеют сопротивление по 100 Ом, сопротивление третьего 200 Ом.

Какими могут быть токи через каждую из батареек? Провода в точке пересечения не соединены.

Тут придется рассмотреть два варианта подключения резисторов – резистор сопротивлением 200 Ом находится посередине или с краю (ясно, что безразлично, с какого именно края – перестановка приводит к очевидному перераспределению токов крайних батарей).

Рассмотрим вначале первый случай. К выделенному резистору приложено напряжение 3 В, ток через него равен  $3\text{В}/200\text{ Ом} = 15\text{ мА}$  и течет справа налево. К резисторам сопротивлением 100 Ом приложены напряжения по 6 В, по каждому из них течет ток 60 мА, направления токов – слева направо. Крайние резисторы подключены последовательно со «своими» батарейками – токи через батарейки равны токам этих резисторов. Осталось найти ток средней батарейки. В узел, соединяющий среднюю и левую батарейки, втекает суммарный ток  $60\text{ мА} + 15\text{ мА} = 75\text{ мА}$ , значит, такой же ток вытекает через подключенный к этому узлу «наклонный» проводник. С учетом направления токов найдем ток через среднюю батарейку:  $60\text{ мА} + 75\text{ мА} = 135\text{ мА}$ , он течет справа налево.

Во втором случае, когда резистор сопротивлением 200 Ом находится слева, ток через него течет слева направо и составляет  $6\text{В}/200\text{ Ом} = 30\text{ мА}$ . Ток через средний резистор течет справа налево и равен  $3\text{В}/100\text{ Ом} = 30\text{ мА}$ , через правый резистор ток равен  $6\text{В}/100\text{ Ом} = 60\text{ мА}$  и течет слева направо. Тогда ток «наклонного» провода из левого узла составляет 60 мА, а ток средней батарейки равен  $60\text{ мА} + 60\text{ мА} = 120\text{ мА}$ .

М.Учительев

**Ф1740.** Электромагнит представляет собой катушку, намотанную на цилиндрический сердечник. На оси электромагнита найдем точку, в которой магнитная индукция равна  $10^{-3}\text{ Тл}$  (это намного меньше поля у торца сердечника), принесем в эту точку небольшой сверхпроводящий круговой виток и расположим его перпендикулярно оси магнита так, чтобы ось проходила через центр витка. При этом в витке возникнет ток 10 А. Отодвинем виток параллельно вдоль оси на 1 см – ток витка уменьшится на 1%. С какой силой магнит действовал на виток в первой точке? Диаметр витка 3 см. Вначале, на большом расстоянии от электромагнита, тока в витке не было.

Если отойти немного вбок от оси электромагнита, то поле уже не будет направлено точно вдоль оси – появится перпендикулярная составляющая. Именно она и «отвечает» за появление силы, действующей на проводящее кольцо (силы со стороны «осевого» поля только деформируют кольцо). Найдем перпендикулярную составляющую поля там, где будет находиться кольцо, т.е. на

расстоянии радиуса кольца от оси. Для этого посчитаем потоки магнитной индукции через площадь кольца в двух его положениях:

$$B_0 S = LI_0, (B_0 - \Delta B)S = L \cdot 0,99I_0.$$

Разность потоков через «торцы» цилиндра равна потоку через боковую поверхность цилиндра. Считая поле меняющимся совсем слабо при таких небольших смещениях, запишем поток через боковую поверхность в виде  $B_{\text{бок}} \pi D h$ . Таким образом,

$$B_{\text{бок}} \pi D h = 0,01 B_0 S.$$

Отсюда получаем силу, действующую на виток:

$$F = \pi D I_0 B_{\text{бок}} = \frac{0,01 B_0 \pi D^2 I_0}{4h} = 7 \cdot 10^{-6}\text{ Н}.$$

Можно получить ответ и иначе – приравнивая работу неизвестной силы при перемещении кольца вдоль оси к разности энергий кольца с током в этих двух позициях.

А.Витков

**Ф1741.** К источнику переменного напряжения подключены последовательно резистор сопротивлением 200 Ом и катушка индуктивностью 2 Гн, а параллельно этой цепочке включен конденсатор емкостью 10 мкФ. Ток через резистор и катушку имеет амплитуду 0,2 А, ток через конденсатор имеет амплитуду 0,3 А. Найдите по этим данным частоту переменного тока, амплитуду тока, протекающего через источник, и сдвиг фаз между напряжением источника и током через него.

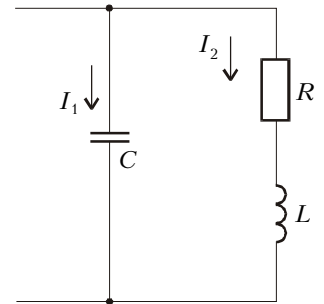


Рис.1

Отношение заданных токов равно(рис.1)

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\sqrt{R^2 + X_L^2}}{X_C} = \frac{3}{2},$$

откуда

$$\frac{9}{4} X_C^2 = R^2 + X_L^2.$$

Подставляя  $X_L = \omega L$  и  $X_C = \frac{1}{\omega C}$ , получаем уравнение

$$L^2 C^2 \omega^4 + R^2 C^2 \omega^2 - 2,25 = 0.$$

Решая его относительно  $\omega^2$ , найдем

$$\omega^2 = -\frac{R^2}{2L^2} \left( 1 - \sqrt{1 + \frac{9L^2}{C^2 R^4}} \right) \approx 7 \cdot 10^4\text{ с}^{-2}.$$

Отсюда частота переменного тока равна

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \approx 42\text{ Гц}.$$

Теперь нарисуем векторную диаграмму токов и напряже-