

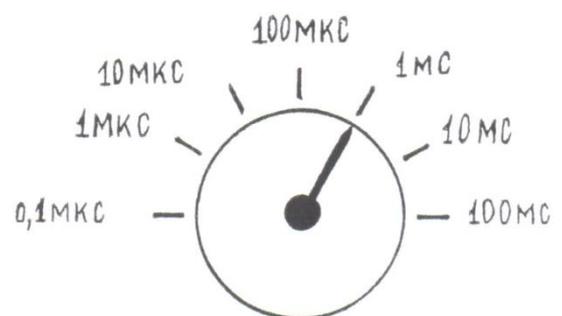
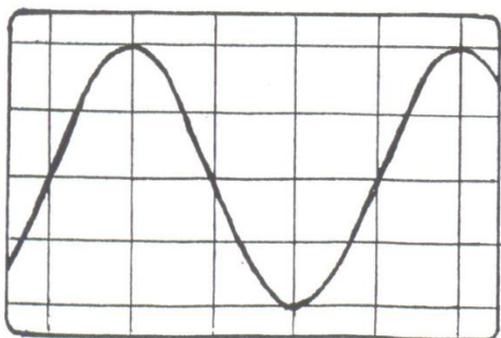


Задания областной олимпиады по электротехнике и электронике

Задача 1

Обучающийся при помощи осциллографа изучал вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединенных проволочной катушки, конденсатора и резистора с очень маленьким сопротивлением. Ёмкость конденсатора равна 16 мкФ .

На рисунке показан вид экрана осциллографа при подключении его щупов к выводам конденсатора для случая резонанса. Также на рисунке изображен переключатель осциллографа, который позволяет изменять масштаб изображения вдоль горизонтальной оси: поворачивая этот переключатель, можно устанавливать, какому промежутку времени соответствует одно деление экрана осциллографа. Определите, чему равна индуктивность используемой в колебательном контуре проволочной катушки.



10 баллов

Решение задачи 1.

Дано:

СИ:

Решение:

$$C=16 \text{ мкФ}$$

$$1.6 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 1/\sqrt{LC}$$

$$T=4 \text{ мс}$$

$$4 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

$$L = T^2 / (4\pi^2 C)$$

L-?

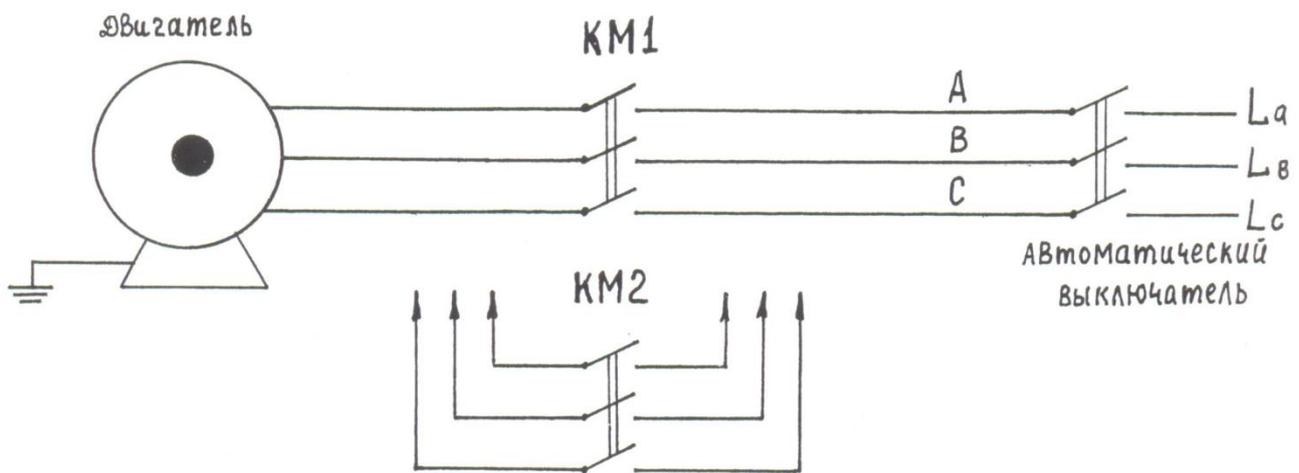
$$L = \frac{1.6 \times 10^{-5}}{4 \times 3.14^2 \times 1.6 \times 10^{-5}} = 0.025 \text{ (Гн)}$$

Ответ: $2.5 \cdot 10^{-2}$ Гн.

Задача 2

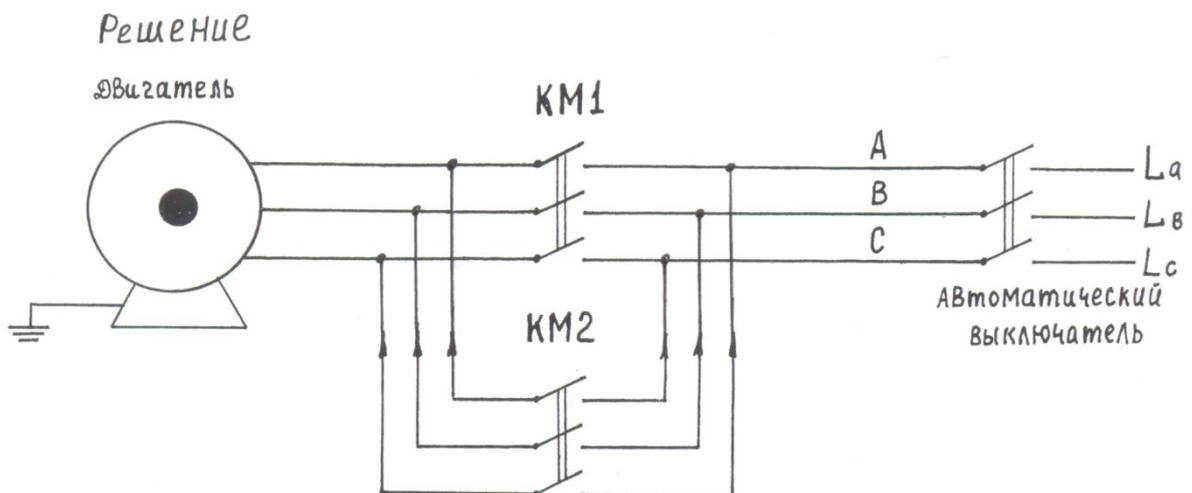
На рисунке представлена (упрощённая) реверсивная схема управления трёхфазного асинхронного электродвигателя, которая позволяет включать двигатель как в прямом, так и в обратном направлении (т.е. вперёд и назад). Для того, чтобы изменить направление вращения двигателя, необходимо поменять местами подключение любых двух фаз. В схеме при вращении вперёд три фазы подводятся прямо к двигателю, через полюсный магнитный выключатель и силовые контакты магнитного пускателя КМ1, последовательность фаз А, В и С. Силовые контакты магнитного пускателя КМ2 меняют фазировку (последовательность подключения фаз к двигателю) питающего напряжения и тем самым осуществляют реверс электродвигателя.

Зарисовать схему и показать вариант присоединения к схеме силовых контактов магнитного пускателя КМ2.



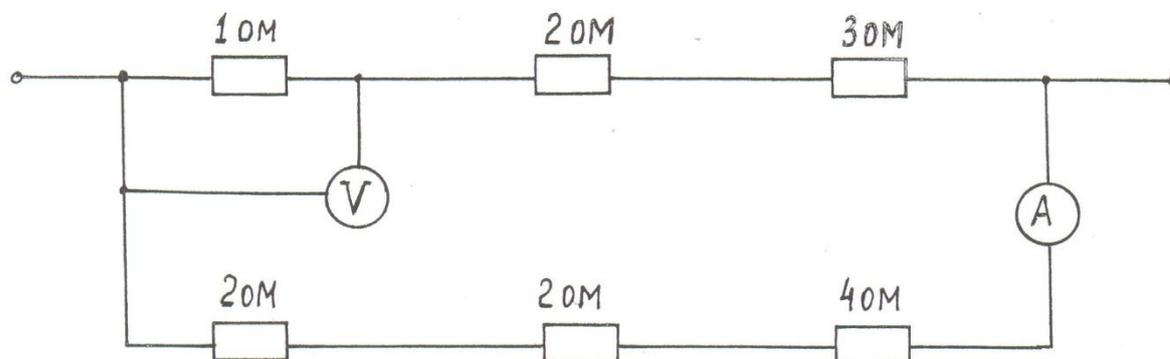
5 баллов

Решение задачи 2.



Задача 3

После того, как две точки данной цепи соединили проводом, показания приборов не изменились (при том же напряжении на концах цепи). Зарисуйте схему и изобразите на ней этот провод. Ответ обоснуйте.



5 баллов

Решение задачи 3.

$$1. R^* = R_1 + R_2 + R_3 \quad R^* = 6 \text{ Ом}$$

$$2. R^{**} = R_4 + R_5 + R_6 \quad R^{**} = 8 \text{ Ом}$$

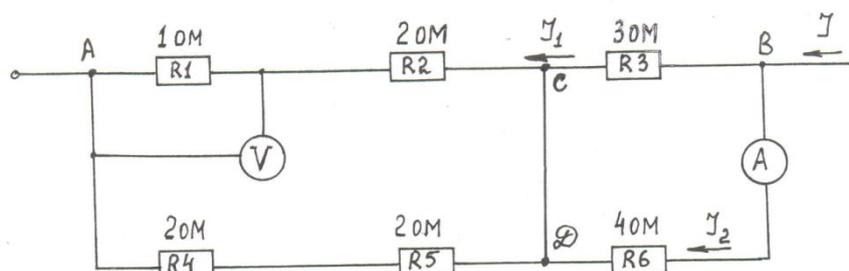
$$3. I_1 \cdot R^* = I_2 \cdot R^{**} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{4}{3}$$

$$4. \begin{cases} \frac{I_1}{I_2} = \frac{4}{3} \\ I_1 + I_2 = I \end{cases}, \text{ следовательно } \begin{cases} I_1 = \frac{4}{7} I \\ I_2 = \frac{3}{7} I \end{cases}$$

$$5. I_1 \cdot R_3 = \frac{4}{7} I \cdot 3 = \frac{12}{7} I$$

$$I_2 \cdot R_6 = \frac{3}{7} I \cdot 4 = \frac{12}{7} I, \text{ следовательно потенциалы в точках С и Д равны}$$

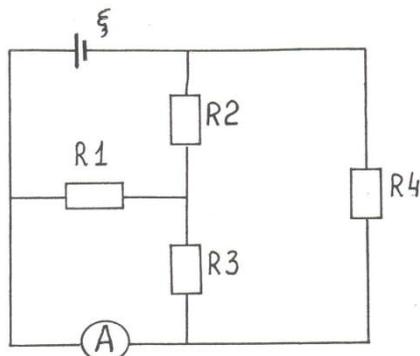
Ответ: смотреть рисунок



Задача 4

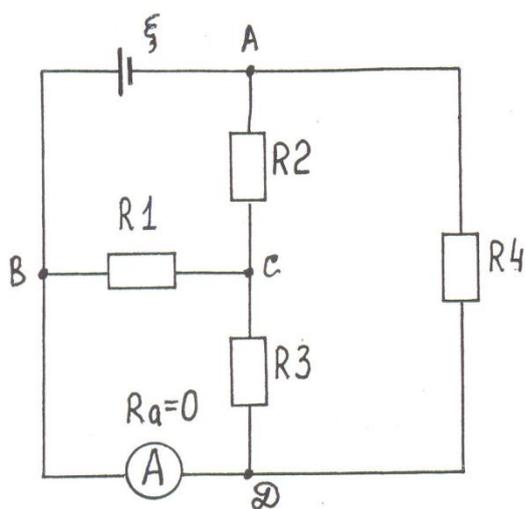
Дано: $\xi=30$ В, $R_1=10$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=10$ Ом, $R_4=15$ Ом, сопротивление амперметра пренебрежительно мало.

Что покажет амперметр в изображенной на рисунке схеме? Какое количество теплоты выделится в резисторе R_4 за 30 мин?

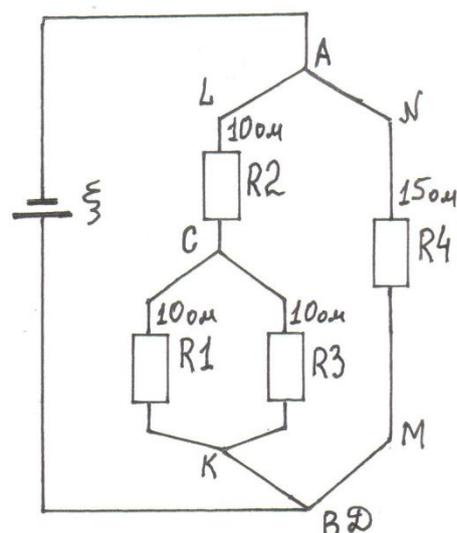


5 баллов

Решение задачи 4.



$$R_a = 0 \Rightarrow$$



$$1. R = \frac{R_1 + R_2}{2}, R = 7.5 \text{ Ом}$$

$$2. I = \xi / R, I = 4 \text{ А}$$

$$3. I_{NM} = I_{LK} = 2 \text{ А}$$

4. ток через резистор R_3 равен 1 А

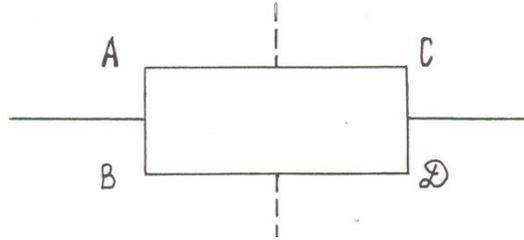
5. амперметр покажет сумму токов через R_3 и R_4 , т.е 3А

$$6. Q = I^2 R t \quad Q = 2^2 \cdot 15 \cdot 1800 = 108000 \text{ Дж}$$

Ответ: 3А, 108 кДж

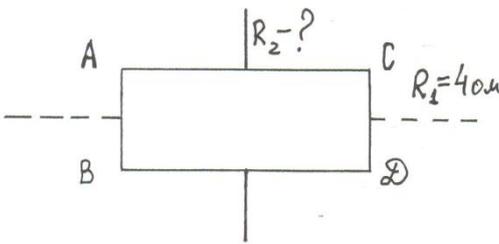
Задача 5

Прямоугольная пластина ABCD изготовлена из однородного токопроводящего металла, причем $\frac{AB}{AC} = \frac{1}{2}$. Если присоединить контакты к сторонам AB и CD, то сопротивление пластины равно 4 Ом. Какое сопротивление имеет пластина при подсоединении контактов к сторонам AC и BD?



5 баллов

Решение задачи 5.



Обозначим

d – толщина пластинки

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

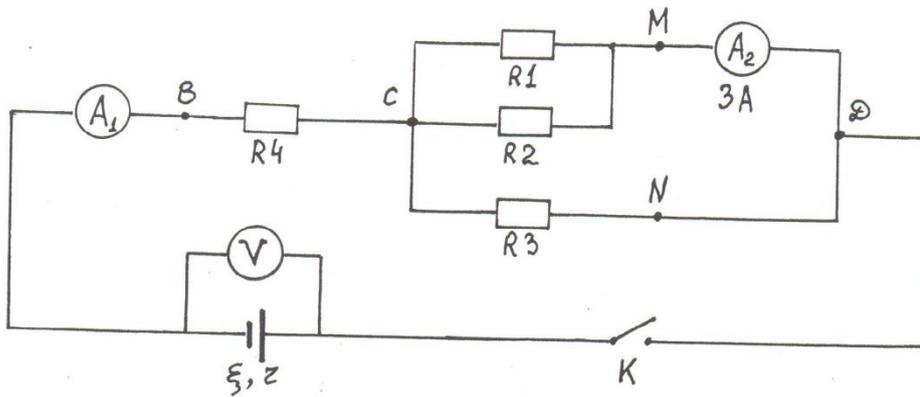
1. $R_1 = \rho \frac{AC}{AB \times d}$, следовательно $\frac{\rho}{d} = \frac{R_1 \times AB}{AC}$, следовательно $\frac{\rho}{d} = \frac{4 \times 1}{2} = 2$

2. $R_2 = \frac{\rho}{d} \times \frac{AB}{AC}$, следовательно $R_2 = 2 \cdot \frac{1}{2} = 1$ Ом

Ответ: 1 Ом

Задача 6

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$, $R_2=4 \text{ Ом}$, $R_3=6 \text{ Ом}$, $R_4=2.5 \text{ Ом}$, $r=0.2 \text{ Ом}$.

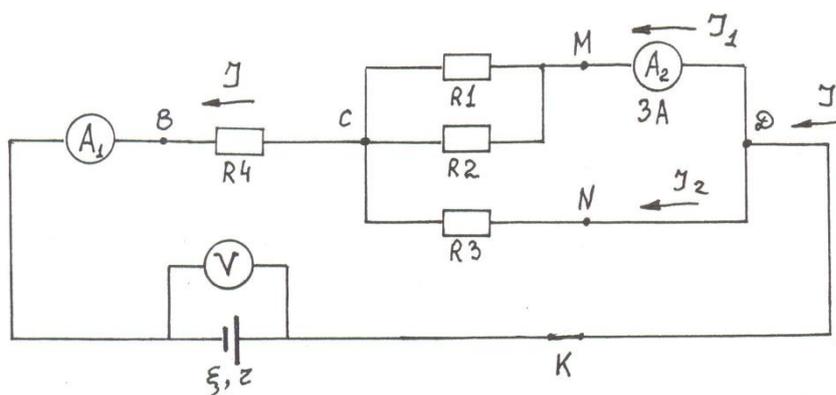


Определить:

1. напряжение между точками С и М;
2. напряжение между точками С и Д;
3. силу тока, протекающего через резистор R_3 ;
4. показание амперметра А, если через амперметр A_2 течёт ток силой 3А;
5. падение напряжения на резисторе R_4 ;
6. сопротивление на участке ВД;
7. электродвижущую силу источника электрической энергии, если внутреннее сопротивление его равно 0.2 Ом;
8. показание вольтметра при замкнутом ключе К;
9. показание вольтметра при разомкнутом ключе К;
10. мощность, выделяющуюся на участке СМ;
11. количество теплоты, выделяющееся на участке СД за 3 минуты;
12. ток короткого замыкания;
13. показания амперметров A_1 и A_2 при разрыве цепи в точке М;
14. показания амперметров A_1 и A_2 при разрыве цепи в точке N.

**0.5 балла за каждый
правильно решенный пункт**

Решение задачи 6.



$$1. U_{CM} = R_{1,2} \cdot I_1, U_{CM} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ В}$$

$$2. U_{CD} = U_{CM} = 6 \text{ В}$$

$$3. I_2 = \frac{U_{CD}}{R}, I_2 = \frac{6}{6} = 1 \text{ А}$$

$$4. I = I_1 + I_2, I = 3 + 1 = 4 \text{ А}$$

$$5. U_{BC} = I \cdot R_4, U_{BC} = 4 \cdot 2.5 = 10 \text{ В}$$

$$6. R_{BD} = R_4 + R_{CD} = R_4 + \frac{U_{CD}}{I}, R_{BD} = 2.5 + \frac{3}{2} = 4 \text{ Ом}$$

$$7. \xi = I(R + r), \xi = 4(4 + 0.2) = 16.8 \text{ В}$$

$$8. \text{покажет } U = I \cdot R, U = 4 \cdot 4 = 16 \text{ В}$$

$$9. \text{покажет } \xi = 16.8 \text{ В}$$

$$10. P = I_1^2 \cdot R_{1,2}, P = 3^2 \cdot 2 = 18 \text{ Вт}$$

$$11. Q = I^2 R_{CD} t, Q = 4^2 \cdot \frac{3}{2} \cdot 60 = 4320 \text{ Дж}$$

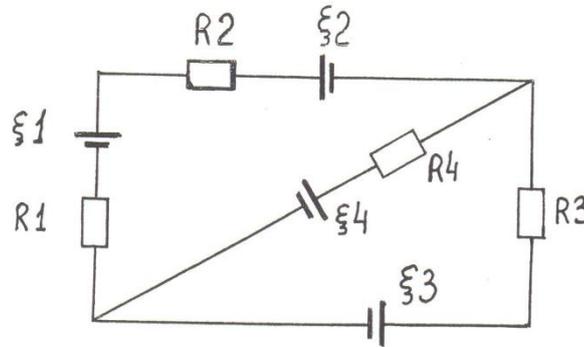
$$12. I_{K3} = \xi / r, I_{K3} = \frac{16.8}{0.2} = 84 \text{ А}$$

$$13. I_1 = 0, I_2 = \xi / (R_3 + R_4 + r), I_2 = 16.8 / (6 + 2.5 + 0.2) = 1.93 \text{ А}$$

$$14. I_1 = I, I = \xi / (R_{1,2} + R_4 + r), I_2 = 16.8 / (2 + 2.5 + 0.2) = 3.57 \text{ А}$$

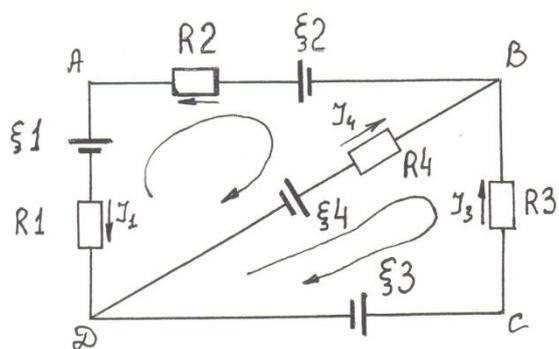
Задача 7

Определите значения и направления токов, проходящих через резисторы, сопротивления которых $R_1 = R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$ и электродвижущая сила источника электрической энергии $\xi_1 = 30 \text{ В}$, $\xi_2 = 4 \text{ В}$, $\xi_3 = 8 \text{ В}$, $\xi_4 = 6 \text{ В}$, внутреннее сопротивление источников электрической энергии не учитывать. Схему зарисовать и на ней показать направление токов.



5 баллов

Решение задачи 7.



1. $I_1 = I_4 + I_3$ уравнение токов в узле

2. составим уравнение падений напряжений в контуре ДАВД

$$-R_1 I_1 + \xi_1 - R_2 I_2 - \xi_2 - R_4 I_4 - \xi_4 = 0$$

$$-4 I_1 - 4 I_4 - 2 I_2 + 24 = 0$$

$$3 I_1 + 2 I_4 = 12$$

3. составим уравнение падений напряжений в контуре ДВСД

$$\xi_4 + R_4 I_4 - R_3 I_3 - \xi_3 = 0$$

$$6 + 4 I_4 - 6 I_3 - 8 = 0$$

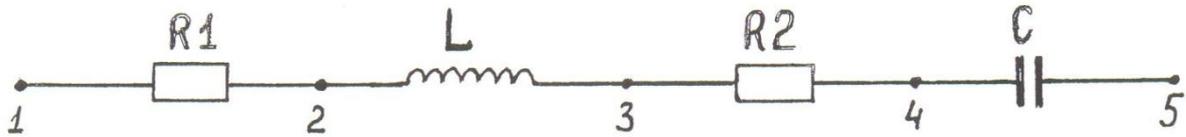
$$2 I_4 - 3 I_3 - 1 = 0$$

4. Составим и решим систему уравнений

$$\begin{cases} I_1 = I_4 + I_3 \\ 3 I_1 + 2 I_4 = 12 \\ 2 I_4 - 3 I_3 - 1 = 0 \end{cases}, \text{ следовательно } I_1 = I_2 = 3 \text{ А}, I_3 = 1 \text{ А}, I_4 = 2 \text{ А}$$

Задача 8

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление $R_1=3$ Ом, $L=6.37 \cdot 10^{-3}$ Гн, $R_2=3$ Ом, $C=3.16 \cdot 10^{-4}$ Ф, частота колебаний питающего напряжения 50 Гц, $Q= -160$ вар.

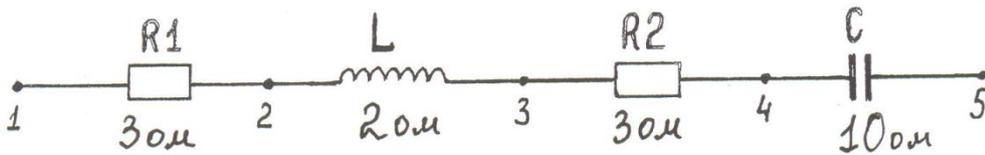


Определите:

1. полное сопротивление электрической цепи;
2. действующее значение напряжения, приложенного к цепи;
3. действующее значение силы тока в электрической цепи;
4. коэффициент мощности электрической цепи;
5. активную мощность электрической цепи;
6. реактивную мощность электрической цепи;
7. полную мощность электрической цепи;
8. написать зависимость мгновенного значения напряжения от времени;
9. построить векторную диаграмму напряжений;
10. действующее значение напряжения между точками 2 и 3.

<p>1 балл за каждый правильно решенный пункт</p>

Решение задачи 8.



$$1. X_L = 2\pi\nu L \quad X_L = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 6.37 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ Ом}$$

$$X_C = 1 / \omega C = 1 / (2\pi\nu C) \quad X_C = \frac{1}{314 \times 3.16 \times 10^{-4}} = 10 \text{ Ом}$$

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_C - X_L)^2} \quad Z = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}$$

$$2. I = \sqrt{\frac{Q_C}{X_C}}, \quad I = \sqrt{\frac{160}{10}} = 4 \text{ A}$$

$$3. U_{1,2} = I \cdot R_1 \quad U_{1,2} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ В}$$

$$U_{2,3} = I \cdot X_L \quad U_{2,3} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ В}$$

$$U_{3,4} = I \cdot R_2 \quad U_{3,4} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ В}$$

$$U_{4,5} = I \cdot X_C \quad U_{4,5} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ В}$$

$$U_{1,5} = 40 \text{ В}$$

$$4. \cos \varphi = \frac{24}{40} = 0.6$$

$$5. P = I^2 (R_1 + R_2), \quad P = 4^2 \cdot 6 = 96 \text{ Вт}$$

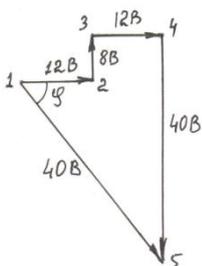
$$6. Q = (U_{4,5} - U_{2,3}) \cdot I, \quad Q = 32 \cdot 4 = 128 \text{ вар}$$

$$7. S = U_{1,5} \cdot I, \quad S = 40 \cdot 4 = 160 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$8. U_{\max_{1,5}} = U_{1,5} \cdot \sqrt{2}, \quad U_{\max_{1,5}} = 40 \cdot \sqrt{2} = 56.6 \text{ В}$$

$$u = 56.6 \sin 100 \pi t$$

9.



$$10. U_{2,3} = 8 \text{ В}$$

Задача 9

В двух параллельно включенных нагрузках проходят токи, изменяющиеся по законам

$$i_1 = 0.5 \sin(\omega t + \pi/2) \quad i_2 = 1.2 \sin(\omega t + \pi/3)$$

Определите амплитудное значение и начальную фазу тока в неразветвленной части электрической цепи и запишите выражение для мгновенного значения этого тока.

8 баллов

Решение задачи 9.

Задачу можно решить двумя способами: графически и аналитически

Аналитический способ:

$$I_m = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{2m}^2 + 2I_{1m} \times I_{2m} \cos(\varphi_{01} - \varphi_{02})}$$

$$I_m = \sqrt{0.5^2 + 1.2^2 + 2 \times 0.5 \times 1.2 \cos \frac{\pi}{6}} = 1.65 \text{ A}$$

Найдем начальную фазу

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{I_{1m} \sin \varphi_{01} + I_{2m} \sin \varphi_{02}}{I_{1m} \cos \varphi_{01} + I_{2m} \cos \varphi_{02}} \quad \operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{0.5 + 1.2 \times 0.866}{1.2 \times 0.5} = 2.56$$

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg} 2.56 \approx 69^\circ \approx 0.38 \pi$$

Мгновенное значение силы тока

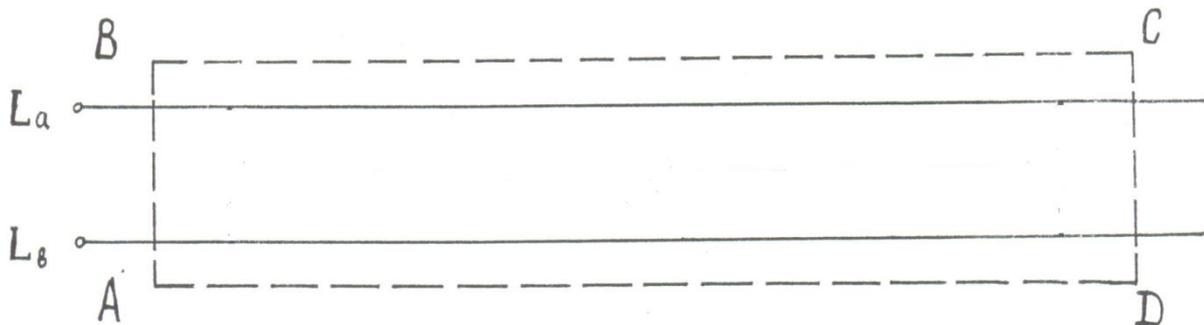
$$i = 1.65 \sin \left(\omega t + \frac{38}{100} \pi \right)$$

Задача 10 (практическая)

Имеется длинный коридор ABCD, в середине которого находится лампочка, рассчитанная на напряжение 220 В. Однофазная осветительная сеть на 220 В, проходящая через коридор, представлена проводами L_a и L_b (смотри рисунок). Необходимо построить схему подключения лампочки к осветительной сети при использовании двух одноклавишных переключателей, установленных на участках АВ и CD коридора. Схема подключения должна обеспечивать следующий режим работы лампы: при входе в коридор с любого направления можно было бы включить лампу, а при выходе из него – выключить.

Произвести монтаж построенной схемы на электромонтажном столе ЭМС-1С.

Необходимое оборудование: счетчик электрической энергии, выключатель автоматический, переключатели, карболитовый патрон, провод, кабель-канал, саморезы.



20 баллов

Решение задачи 10.

