

Задача № 10

Цепь, состоящая из пяти резисторов, присоединена к источнику электрической энергии, напряжение на зажимах которого U_{AB} (Рис.1). Токи в резисторах соответственно равны I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 . Определить величины, отмеченные знаками вопроса в табл. 2.

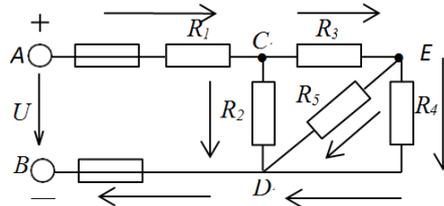


Рисунок 1

Решение

1. Делаем краткую запись условия задачи.

Дано: $U_{AB} = 100$ В, $R_2 = 10$ Ом, $R_5 = 20$ Ом, $I_2 = 6$ А, $I_4 = 1,6$ А, $I_5 = 2,4$ А.

Определить: U_{CD} , R_{AB} , R_{CD} , R_1 , R_3 , R_4 , I_1 , I_3 .

2. Обозначим стрелками токи, протекающие в каждом резисторе с учетом их направления, узлы цепи буквами А, В, С, D.

3. Сопротивления R_4 , R_5 соединены параллельно.

Найдем общее сопротивление при таком соединении:

$$R_{4,5} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{30 \cdot 20}{30 + 20} = 12 \text{ Ом}$$

4. Найдем падение напряжения на резисторе R_5 . И т.к. резисторы R_4 и R_5 соединены параллельно, то $U_5 = U_4$:

$$U_5 = U_4 = R_5 \cdot I_5 = 2,4 \cdot 20 = 48 \text{ В}$$

5. Найдем ток $I_{4,5}$, проходящий через резисторы R_4 и R_5 . И т.к. ток при последовательном соединении одинаков, то $I_{4,5} = I_3$:

$$6. \quad I_{4,5} = I_3 = \frac{U_5}{R_{4,5}} = \frac{48}{12} = 4 \text{ А}$$

7. Найдем падение напряжения на резисторе R_2 . И т.к. при параллельном соединении падение напряжения на элементах равны, то $U_2 = U_{3(4,5)} = U_{CD}$

$$U_2 = R_2 \cdot I_2 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ В}$$

8. Составим уравнение суммы падения напряжений на резисторах R_3 , $R_{4,5}$ и найдем из него сопротивление резистора R_3 :

$$U_{3,(4,5)} = I_3 \cdot R_3 + R_{4,5} \cdot I_{4,5}$$

$$\text{Тогда } R_3 = \frac{U_{3,(4,5)} - R_{4,5} \cdot I_{4,5}}{I_3} = \frac{60 - 12 \cdot 4}{4} = 3 \text{ Ома}$$

9. При последовательном соединении элементов падение напряжения на всех элементах цепи равняется сумме падений напряжения на каждом элементе. Найдем падение напряжения на резисторе U_1 :

$$U_1 = U_{AB} - U_{2,3,4,5} = 100 - 60 = 40 \text{ В}$$

10. Найдем ток участка цепи I_{CD} . Т.к. резисторы R_2 и группа резисторов $R_{3,(4,5)}$ соединены параллельно и при последовательном соединении токи элементов цепи равны между собой, то:

$$I_{CD} = I_1 = I_2 + I_{3,4,5} = 6 + 4 = 10 \text{ А}$$

11. Найдем сопротивление резистора R_1 :

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{40}{10} = 4 \text{ Ома}$$

12. Найдем общее сопротивление цепи:

$$R_{AB} = R_1 + R_{CD} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{3,4,5}}{R_2 + R_{3,4,5}} = R_1 + R_2 \cdot \frac{R_3 + R_{4,5}}{R_2 + (R_3 + R_{4,5})} = 4 + \frac{10 \cdot (3 + 12)}{10 + 3 + 12} = 10 \text{ Ом}$$

13. Тогда сопротивление на участке цепи CD равно:

$$R_{CD} = 6 \text{ Ом}$$

На рис. 2 изображена схема воздушной линии электропередачи к потребителю мощностью P_2 и напряжением потребителя U_2 ; длина линии l .

Определить ток в линии I и площадь поперечного сечения S проводов линии, если известна допустимая относительная потеря напряжения в линии e , материал и удельная проводимость γ проводов линии.

Определить сопротивление проводов линии $R_{\text{ЛП}}$, абсолютную потерю напряжения ΔU , потерю мощности ΔP в линии и коэффициент полезного действия линии η .

Числовые значения исходных величин указаны в табл. 3

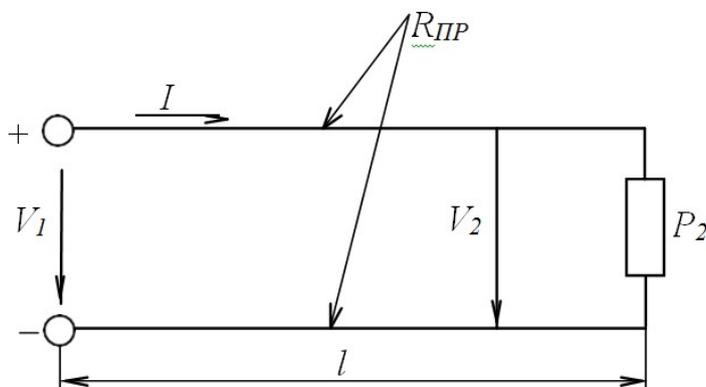


Рисунок 2

Решение

1. Делаем краткую запись условия задачи.

Дано: $P_2 = 15,2 \text{ кВт}$, $U_2 = 380 \text{ В}$, $l = 400 \text{ м}$, $\gamma = 34,5 \frac{\text{М}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$, $e = 5 \%$.

Определить: $R_{\text{ЛП}}$, ΔU , ΔP , η .

2. Ток в линии электропередачи:

$$I = \frac{P_2}{U_2} = \frac{15200}{380} = 40 \text{ А}$$

3. Площадь поперечного сечения проводов линии:

4.
$$S = \frac{200 \cdot P_2 \cdot l}{\gamma \cdot e \cdot U_2^2} = \frac{200 \cdot 15200 \cdot 400}{34,5 \cdot 5 \cdot 380^2} = 48,82 \text{ м}$$
 Выбираем ближайшее большее

стандартное сечение $S_{СТ} = 50 \text{ мм}^2$. Сопротивление проводов линии:

$$R_{\text{ЛП}} = \frac{2 \cdot 400}{34,5 \cdot 50} = 0,46 \text{ Ом}$$

$$\Delta U = I \cdot R_{\text{ЛП}} = 40 \cdot 0,46 = 18,40 \text{ В}$$

5. Потеря мощности в линии ΔP :

$$\Delta P = I^2 \cdot R_{\text{ЛП}} = 40^2 \cdot 0,46 = 736 \text{ Вт}$$

6. Напряжение в начале линии:

$$U_1 = U_2 + \Delta U = 380 + 18,4 = 398,4 \text{ В}$$

5. КПД линии:

$$\eta = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\% = \frac{380}{398,4} \cdot 100\% = 95,38\%$$

Задача № 29

По проводу длиной $l = 60$ см, находящемуся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,2$ Тл и расположенному в плоскости, перпендикулярной направлению поля, протекает ток I от источника питания с напряжением $U = 7$ В. На провод действует электромагнитная сила $F_{\text{ЭМ}}$, перемещающая его со скоростью $V = 8$ м/с. Сопротивление провода с подводящими проводами $R = 0,5$ Ом.

Определить значение тока I_0 при неподвижном проводе, противо-ЭДС, наведенную в проводе, и ток I при его перемещении.

Решение

1. Делаем краткую запись условия задачи.

Дано: $l = 60$ см, $B = 1,2$ Тл, $U = 7$ В, $v = 8$ м/с, $R = 0,5$ Ом.

Определить: I_0 , противо-ЭДС, I .

2. Ток протекает от положительного полюса источника к отрицательному. Под действием электромагнитной силы проводник будет перемещаться влево (правило левой руки). В проводнике будет наводиться ЭДС (явление электромагнитной индукции), равная:

$$E = B \cdot l \cdot v = 1,2 \cdot 0,6 \cdot 8 = 5,76 \text{ В}$$

Направление ЭДС определим по правилу правой руки. Оно противоположно направлению ЭДС внешнего источника и тока, поэтому эта ЭДС (в электродвигателях) называется противо-ЭДС.

3. Ток в проводнике:

$$I = \frac{U - E}{R_0} = \frac{7 - 5,76}{0,5} = 2,48 \text{ А}$$

4. При остановке проводника E исчезает, поэтому сила тока при неподвижном проводнике будет равна:

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{7}{0,5} = 14 \text{ A}$$

Задача № 33

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 625$ ВА, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,6$; показание амперметра $I = 5$ А. Определить активное R , индуктивное X_L и полное Z сопротивления; показания вольтметра и ваттметра, включенных в цепь.

Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Решение

1. Делаем краткую запись условия задачи.

Дано: $f = 50$ Гц, $S = 625$ ВА, $\cos\varphi = 0,6$, $I = 5$ А.

Определить: R , X_L , Z , V , P .

2. Коэффициент мощности — это отношение активной мощности к полной. Отсюда активная мощность:

$$P = S \cdot \cos\varphi = 625 \cdot 0,6 = 375 \text{ Вт (и это показания ваттметра)}$$

3. Амперметр показывает полный ток. Т.к. $S = I^2 \cdot Z$, то полное сопротивление равно:

$$Z = \frac{S}{I^2} = \frac{625}{25} = 25 \text{ Ом}$$

4. Мощность прямо пропорциональна сопротивлению, тогда найдем активное сопротивление:

$$R = Z \cdot \cos\varphi = 25 \cdot 0,6 = 15 \text{ Ом}$$

5. Найдем реактивное сопротивление:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{625 - 225} = 20 \text{ Ом}$$

6. Вольтметр покажет падение напряжения на катушке, найдем через мощность. Т.к. $S = U \cdot I$, тогда:

$$U = \frac{S}{I} = \frac{625}{5} = 125 \text{ В}$$

7. Начертим схему. Катушка имеет активную и реактивную составляющие сопротивления, тогда:

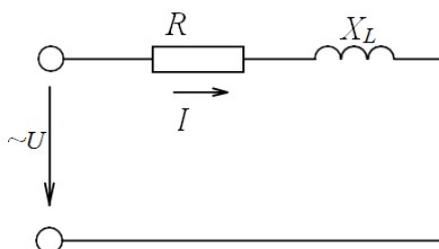


Рисунок 3

8. Падение напряжения на R и X_L будут равны:

$$U_R = I \cdot R = 5 \cdot 15 = 75 \text{ В},$$

$$U_L = I \cdot X_L = 5 \cdot 20 = 100 \text{ В}$$

9. Построим векторную диаграмму тока и напряжений. Примем следующий масштаб: $m_u = 22 \text{ В/см}$, $m_I = 2,5 \text{ А/см}$:

а) Катушка носит индуктивный характер, а значит, в ней напряжение опережает ток по фазе на 90° .

б) Резистор обладает только активным сопротивлением, и напряжение в нем совпадает по фазе с током.

в) для начала отложим вектор тока в масштабе:

$$l_I = \frac{5}{2,5} = 2 \text{ см}$$

г) далее, отложим вектор напряжения на катушке. Получается, что нужно отложить вверх, так как напряжение в катушке опережает ток.

$$l_{U_R} = \frac{75}{22} = 3,4 \text{ см}$$

д) теперь мы будем откладывать вектор активного сопротивления, так как напряжение в одной фазе с током, то мы его откладываем из конца вектора U_L параллельно вектору тока I .

$$l_{U_L} = \frac{100}{22} = 4,6 \text{ см}$$

U_R

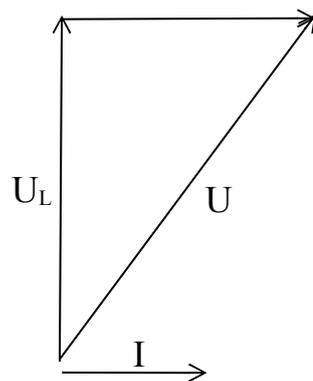


Рисунок 4

Задача № 43

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор R и конденсатор с емкостным сопротивлением X_C , величины которых приведены в табл. 4. Кроме того, известна одна из дополнительных величин (I, P, Q).

Начертить схему цепи и определить следующие величины:

1. полное сопротивление цепи Z ;
2. напряжение U , приложенное к цепи;
3. силу тока в цепи I ;
4. коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
5. активную P , реактивную Q и полную S мощности,

потребляемые цепью.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Решение

1. Делаем краткую запись условия задачи.

Дано: $f = 50$ Гц, $R = 16$ Ом, $X_C = 12$ Ом, $Q = -48$ Вар.

Определить: $Z, U, I, \cos\varphi, P, Q, S$.

2. Начертим схему.

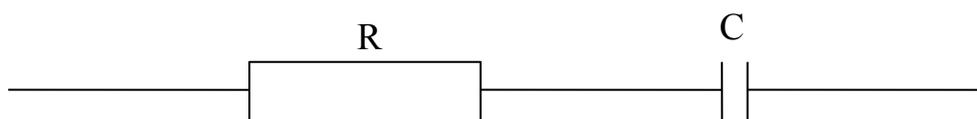


Рисунок 5

3. Из формулы для емкостного сопротивления проводника найдем емкость конденсатора:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 12} = 265,39 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

4. Из формулы реактивной мощности для конденсатора найдем падение напряжения на нем:

$$U_C = \sqrt{\frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}} = \sqrt{Q \cdot X_C} = \sqrt{48 \cdot 12} = 23,94 \text{ В}$$

5. Найдем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{256 + 144} = 20 \text{ Ом}$$

6. Найдем ток в цепи. Т.к. при последовательном соединении элементов цепи общий ток в ней равен току на каждом из элементов цепи, то:

$$I = I_C = \frac{Q}{X_C} = \frac{48}{12} = 4 \text{ А}$$

7. Найдем напряжение U , приложенное к цепи:

$$U = I \cdot Z = 4 \cdot 20 = 80 \text{ В}$$

8. Найдем падение напряжения U_R на резисторе:

$$U_R = U - U_C = 80 - 23,94 = 56,06 \text{ В}$$

9. Найдем активную мощность:

$$P = I^2 \cdot R = 1,2^2 \cdot 16 = 23,04 \text{ Вт}$$

10. Найдем полную мощность:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{23,04^2 + 48^2} = 53,24 \text{ ВА}$$

11. Найдем коэффициент мощности цепи:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{23,04}{53,24} = 0,43$$

12. Начертим в масштабе векторную диаграмму цепи:

Масштаб для тока примем $m_I = 2 \text{ А/см}$, для напряжения $m_U = 5 \text{ В/см}$.

а) для начала отложим вектор тока в масштабе:

$$l_I = \frac{4}{2} = 2 \text{ см}$$

б) вектор напряжения на конденсаторе запаздывает на 90° , мы его отложим вертикально вниз:

$$l_{U_C} = \frac{23,94}{5} = 4,79 \text{ см}$$

в) далее отожим вектор активного сопротивления, так как напряжение в одной фазе с током, то мы его откладываем из

конца вектора U_C параллельно вектору тока I :

$$l_{U_R} = \frac{56,06}{5} = 11,21 \text{ см}$$

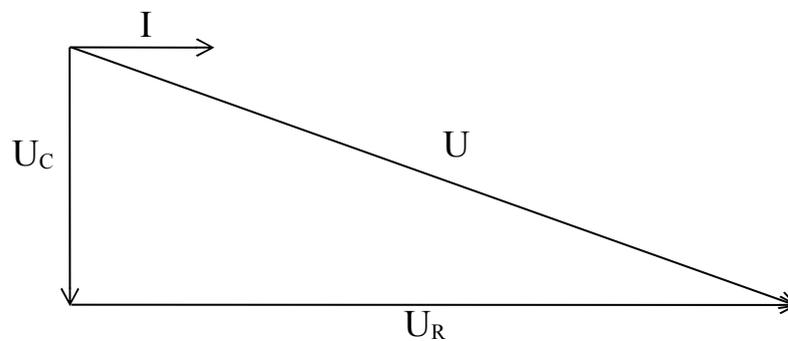


Рисунок 5