

Содержание

Задача 1.....	3
Задача 14.....	6
Задача 27.....	8
Задача 40.....	11
Задача 42.....	15
Задача 55.....	17
Список литературы	19

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ

Задача 1

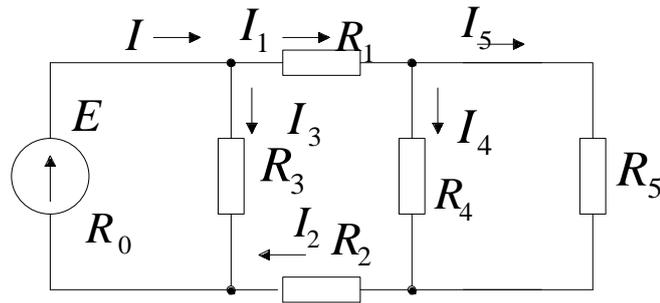


Рисунок 1.

Дано:

$$R_1 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 50 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 60 \text{ Ом}$$

$$R_0 = 2 \text{ Ом}$$

$$P_2 = 24 \text{ Вт}$$

$$I; I_1 - I_5; E - ?$$

Решение

1. При расчете цепи со смешанным соединением резисторов пользуюсь методом последовательного упрощения (свертывания) схемы и определяю эквивалентное сопротивление цепи¹.

Определяю $R_{4,5}$ (рис.2), соединение резисторов R_4 и R_5 (рис.1) параллельное, при параллельном соединении складываются проводимости (величина обратная сопротивлению).

¹ Волынский, Б.А. Электротехника / Б.А.Волынский. - М.: Энергоатомиздат, 2010. - С. 89.

$$R_{4,5} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{100 \cdot 60}{100 + 60} = 37,5 \text{ Ом}$$

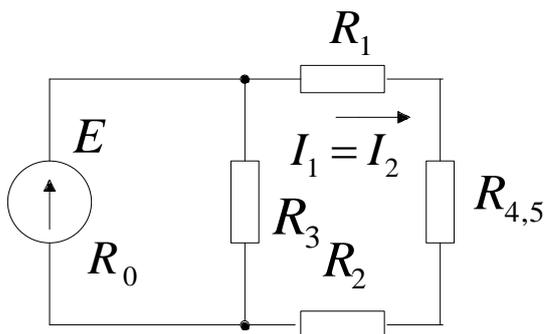


Рисунок 2.

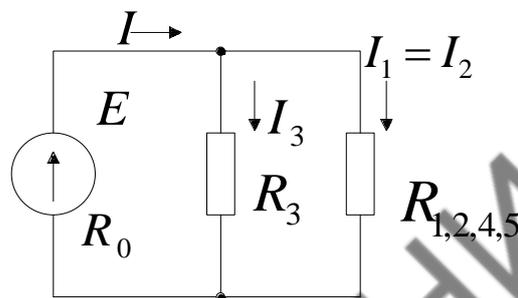


Рисунок 3.

Определяю значение сопротивления $R_{1,2,4,5}$ (рис.3), соединение резисторов $R_1, R_{4,5}$ и R_2 (рис.2) последовательное, при последовательном соединении сопротивления складываются.

Определяю эквивалентное сопротивление всей цепи.

$$R_{\text{экв}} = R_0 + \frac{R_3 \cdot R_{1,2,4,5}}{R_3 + R_{1,2,4,5}} = 2 + \frac{50 \cdot 47,5}{50 + 47,5} = 26,36 \text{ Ом}$$

2. Определяю токи на участках электрической цепи.

Зная $P_2 = 24 \text{ Вт}$, определяю:

$$I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{24}{6}} = 2 \text{ А}$$

$I_1 = I_2 = 2 \text{ А}$ т.к. при последовательном соединении по резисторам

протекает один и тот же ток (рис.2), согласно закона Ома:

$$U_{4,5} = I_1 \cdot R_{4,5} = 2 \cdot 37,5 = 75 \text{ В}$$

Соединение резисторов R_4 и R_5 (рис.1) параллельное, при этом каждый из них находится под одинаковым напряжением: $U_{4,5} = 75 \text{ В}$, тогда согласно закона Ома:

$$I_4 = \frac{U_{4,5}}{R_4} = \frac{75}{100} = 0,75 \text{ А}$$

$$I_5 = \frac{U_{4,5}}{R_5} = \frac{75}{60} = 1,25 \text{ А}$$

Определяю $U_3 = U_{1,2,4,5}$ параллельное соединение резисторов $R_3, R_{1,2,4,5}$

(рис.3):

$$U_3 = I_1 \cdot R_{1,2,4,5} = 2 \cdot 47,5 = 95\text{В}$$

Ток в ветви с сопротивлением R_3 :

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{95}{50} = 1,9\text{А}$$

Ток в неразветвленной части цепи:

$$I = \frac{U_3}{R_{1-5}} = \frac{95}{24,36} = 3,9\text{А}$$

3. ЭДС источника:

$$E = I \cdot R_{\text{экв}} = 3,9 \cdot 26,36 = 102,8\text{В}$$

4. Для проверки правильности расчетов составляю баланс мощностей:

$$P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{пот}}$$

$$EI = \sum I_n^2 \cdot R_n$$

$$102,8 \cdot 3,9 = 2^2 \cdot 4 + 2^2 \cdot 6 + 1,9^2 \cdot 50 + 0,75^2 \cdot 100 + 1,25^2 \cdot 60 + 3,9^2 \cdot 2$$

$$400,92 = 400,92\text{Вт}$$

Баланс мощностей соблюдается.

Задача 14

Построить потенциальную диаграмму для цепи, изображенной на рис. 4.

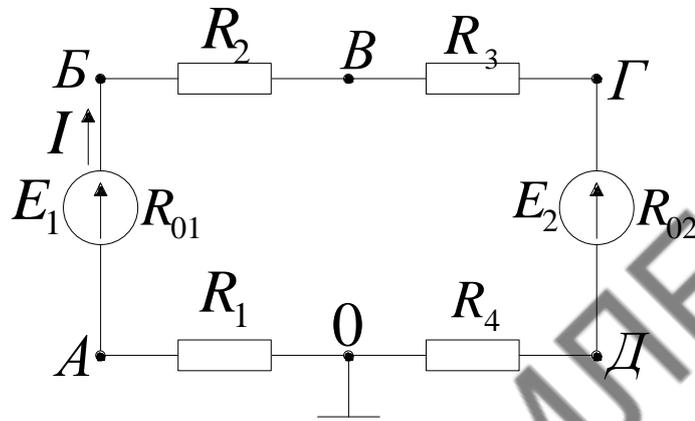


Рисунок 4.

Дано:

$$E_1 = 35 \text{ В}$$

$$E_2 = 10 \text{ В}$$

$$R_{01} = 2 \text{ Ом}$$

$$R_{02} = 1 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 15 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 22 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 10 \text{ Ом}$$

I - ?

Решение

1. Т.к. E_1 больше E_2 , то направление тока I в цепи (рис.4) по часовой стрелке, совпадает с направлением первой ЭДС.

Направление обхода контура принимаю по направлению тока.

Определяю ток в цепи по закону Ома:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_{01} + R_2 + R_3 + R_{02} + R_4} = \frac{35 - 10}{15 + 2 + 22 + 12 + 1 + 10} = 0,403$$

2. Вычисляю потенциалы точек, обозначенных на схеме рис. 4 и строю на рис. 5 в масштабе потенциальную диаграмму.

Определяю потенциалы точек цепи²:

Точка 0 (рис. 4) заземлена, следовательно, $\varphi_0 = 0B$

$$\varphi_A = \varphi_0 - IR_1 = 0 - 0,403 \cdot 15 = -6,045B$$

$$\varphi_B = \varphi_A - IR_{01} + E_1 = -6,045 - 0,403 \cdot 2 + 35 = 28,149B$$

$$\varphi_B = \varphi_B - IR_2 = 28,149 - 0,403 \cdot 22 = 19,283B$$

$$\varphi_\Gamma = \varphi_B - IR_3 = 19,283 - 0,403 \cdot 12 = 14,447B$$

$$\varphi_\Delta = \varphi_\Gamma - IR_{02} - E_2 = 14,447 - 0,403 \cdot 1 - 10 = 4,03B$$

$$\varphi_0 = \varphi_\Delta - IR_4 = 4,0 - 0,403 \cdot 10 = 0B$$

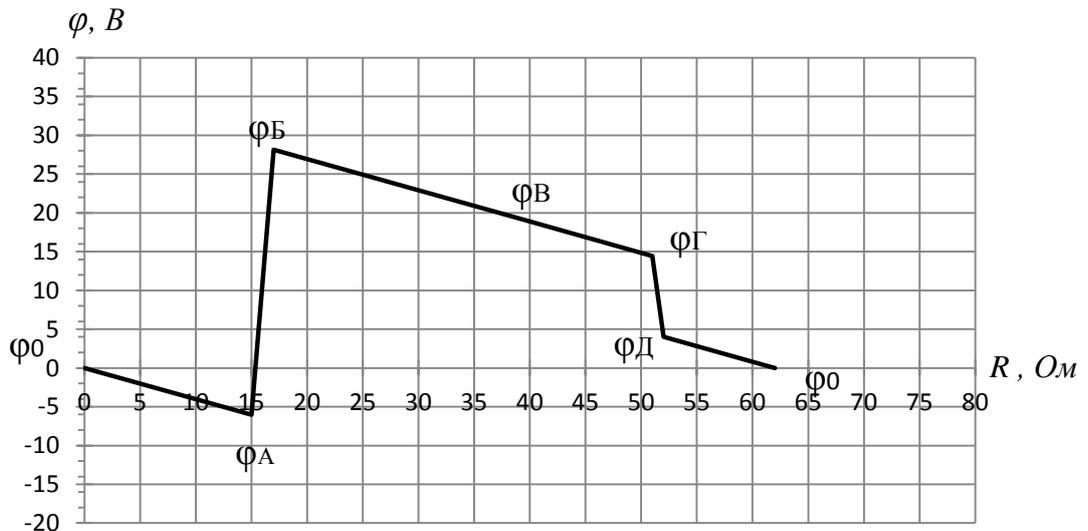


Рисунок 5.

² Герасимов, В.Г. Электротехника / В.Г.Герасимов. - М.: Высшая школа, 2011. - С. 123.

Задача 27

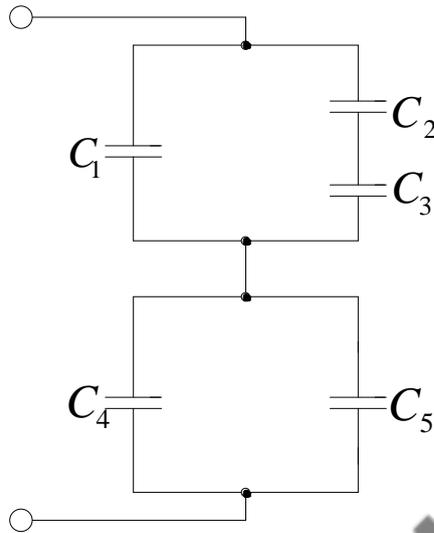


Рисунок 6.

Дано:

$$C_1 = 15 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 10 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 30 \text{ мкФ}$$

$$C_4 = 20 \text{ мкФ}$$

$$C_5 = 10 \text{ мкФ}$$

$$U = 300 \text{ В}$$

$$C_{\text{общ}}; U_1 \div U_5 - ?$$

Решение

1. При расчете цепи со смешанным соединением конденсаторов пользуюсь методом последовательного упрощения (свертывания) схемы.

Определяю $C_{2,3}$ (рис.7) соединение конденсаторов C_2 и C_3 (рис.6)

последовательное, при последовательном соединении:

$$C_{2,3} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = \frac{10 \cdot 30}{10 + 30} = 7,5 \text{ мкФ}$$

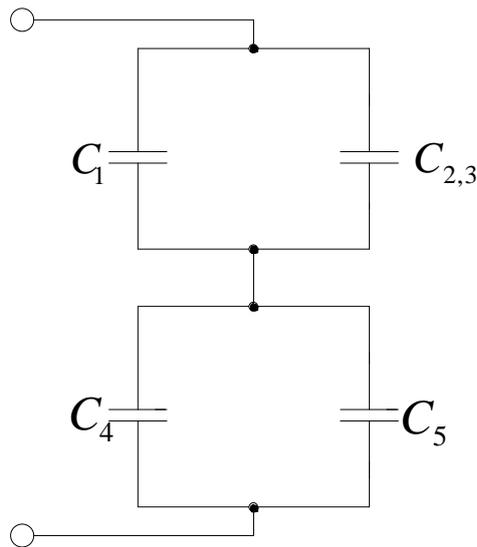


Рисунок 7.

Определяю C_{1-3} и $C_{4,5}$ (рис.8) соединение конденсаторов $C_1, C_{2,3}$ и C_4, C_5 , соответственно (рис.7) параллельное. При параллельном соединении емкости складываются:

$$C_{1-3} = C_1 + C_{2,3} = 15 + 7,5 = 22,5 \text{ мкФ}$$

$$C_{4,5} = C_4 + C_5 = 20 + 10 = 30 \text{ мкФ}$$

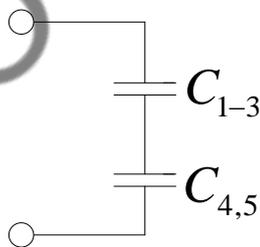


Рисунок 8.

Определяю общую емкость цепи $C_{общ}$ соединение конденсаторов C_{1-3} и $C_{4,5}$ (рис. 8) последовательное³:

$$C_{общ} = \frac{C_{1-3} \cdot C_{4,5}}{C_{1-3} + C_{4,5}} = \frac{22,5 \cdot 30}{22,5 + 30} = 12,86 \text{ мкФ}$$

2. Определяю напряжения на каждом из конденсаторов:

Определяю заряд всей цепи:

³ Пантюшин, В.С. Электротехника / В.С. Пантюшин. - М.: Высшая школа, 2012. - С. 74.

$$Q = C_{\text{общ}} \cdot U = 12,86 \cdot 10^{-6} \cdot 300 = 38,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

При последовательном соединении заряд одинаков на всех конденсаторах т.е. по рис. 8:

$$Q = Q_{1-3} = Q_{4,5} = 38,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

тогда

$$U_{1-3} = \frac{Q_{1-3}}{C_{1-3}} = \frac{38,58 \cdot 10^{-4}}{22,5 \cdot 10^{-6}} = 171,4 \text{ В}$$

$$U_{4,5} = \frac{Q_{4,5}}{C_{4,5}} = \frac{38,58 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-6}} = 128,6 \text{ В}$$

По рис. 7 определяю, что $U_1 = U_{2,3} = U_{1-3} = 171,4 \text{ В}$, т.к. C_1 и $C_{2,3}$ соединены параллельно, а $U_4 = U_5 = U_{4,5} = 128,6 \text{ В}$, т.к. параллельно соединены C_4 и C_5 .

Определяю заряд $Q_{2,3}$:

$$Q_{2,3} = C_{2,3} \cdot U_{2,3} = 7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 171,4 = 12,86 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

По рис. 6 $Q_2 = Q_3 = Q_{2,3} = 12,86 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$

тогда

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{12,86 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 10^{-6}} = 128,6 \text{ В}$$

$$U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{12,86 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-6}} = 42,8 \text{ В}$$

Задача 40

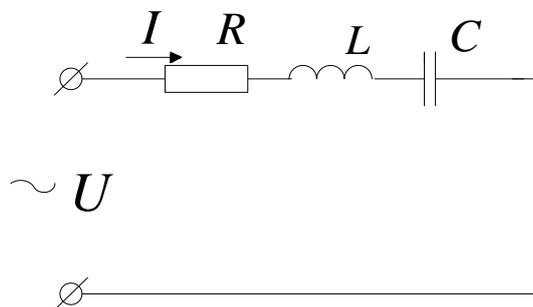


Рисунок 9.

Дано:

$$U = 50\text{В}$$

$$f = 60 \text{ Гц}$$

$$R = 18 \text{ Ом}$$

$$L = 60 \text{ мГн}$$

$$\varphi = 45^\circ$$

$C; I; I_m; I_{mp}; U_{ma}; U_{mp}; i_a; i_p; u_a; u_p; P; Q; S; f_{рез} - ?$

Решение

1. Полное сопротивление цепи:

$$z = \frac{R}{\cos \varphi} = \frac{18}{0,707} = 25,46 \text{ Ом}, \quad (1)$$

где $\cos \varphi = 0,707$ при значении $\varphi = 45^\circ$

2. Реактивное сопротивление на индуктивности:

$$x_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 22,608 \text{ Ом}, \quad (2)$$

3. Общее реактивное сопротивление цепи:

$$x = \sqrt{z^2 - R^2} = \sqrt{25,46^2 - 18^2} = 18 \text{ Ом}, \quad (3)$$

4. Реактивное сопротивление на конденсаторе⁴:

⁴ Пантюшин, В.С. Сборник задач по общей электротехнике / В.С. Пантюшин. - М.: Высшая школа, 2011. - С. 137.

$$x_c = x_L - x = 22,608 - 18 = 4,608 \text{ Ом}, \quad (4)$$

5. Емкость для обеспечения заданного угла φ :

$$C = \frac{1}{2\pi f x_c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 4,608} = 576 \text{ мкФ}, \quad (5)$$

6. Определяю действующие и амплитудные значения тока и напряжения на активном и реактивном участках:

Действующее значение тока:

$$I = \frac{U}{z} = \frac{50}{25,46} = 1,964 \text{ А}, \quad (6)$$

Амплитудное значение тока:

$$I_m = I \sqrt{2} = 1,964 \cdot \sqrt{2} = 2,78 \text{ А}, \quad (7)$$

Действующие и амплитудные значения напряжения на активном и реактивном участках:

$$U_a = R \cdot I = 18 \cdot 1,964 = 35,35 \text{ В}, \quad (8)$$

$$U_{ma} = U_R \sqrt{2} = 35,35 \cdot \sqrt{2} = 50 \text{ В}, \quad (9)$$

$$U_p = x \cdot I = 18 \cdot 1,964 = 35,35 \text{ В}, \quad (10)$$

$$U_{mp} = U_p \sqrt{2} = 35,35 \cdot \sqrt{2} = 50 \text{ В}, \quad (11)$$

7. Выражение для мгновенных значений тока и напряжения на активном и реактивном участках:

$$i = 2,78 \sin \omega t \text{ А}, \quad (12)$$

$$u_a = 50 \sin \omega t \text{ В}, \quad (13)$$

$$u_p = 50 \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ В}, \quad (14)$$

8. Определяю активную, реактивную и полную мощности цепи:

$$\text{Активная: } P = I^2 R = 1,964^2 \cdot 18 = 69,4 \text{ Вт}$$

$$\text{Реактивная: } Q = I^2 (x_L - x_C) = 1,964^2 \cdot (22,608 - 4,608) = 69,4 \text{ вар}$$

$$\text{Полная: } S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{69,4^2 + 69,4^2} = 98,2 \text{ ВА}$$

9. На рис.10 строю векторную диаграмму, на рис.11 треугольник сопротивлений, на рис.12 треугольник мощностей:

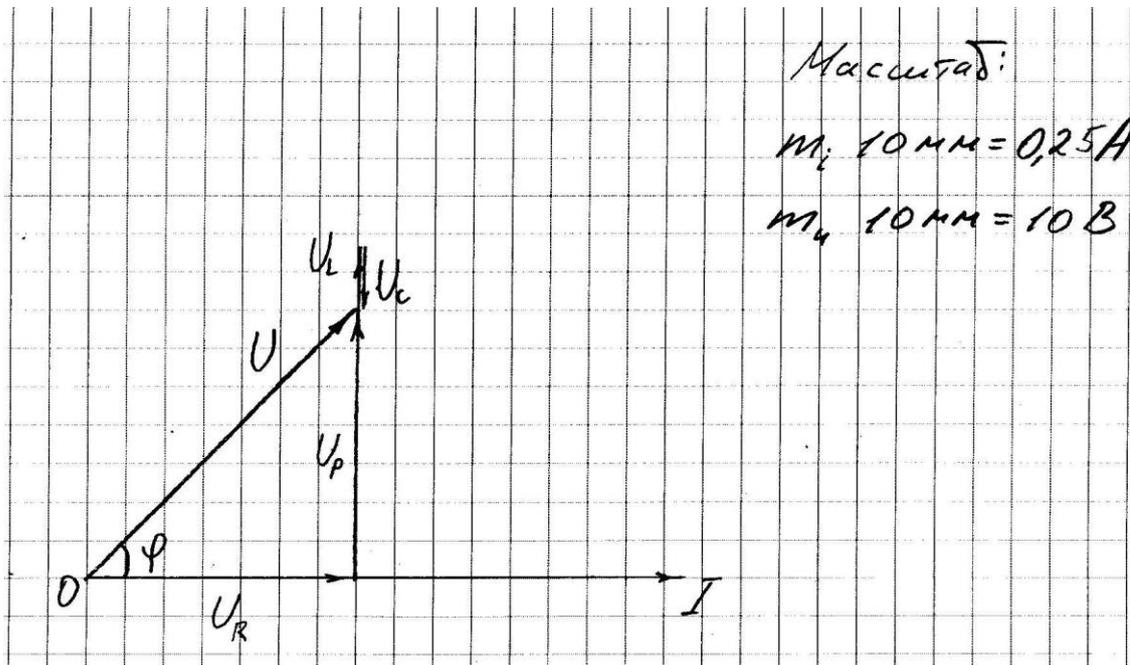


Рисунок 10.

где, $U_L = x_L \cdot I = 22,608 \cdot 1,964 = 44,4 В$

$U_C = x_C \cdot I = 4,608 \cdot 1,964 = 9,05 В$

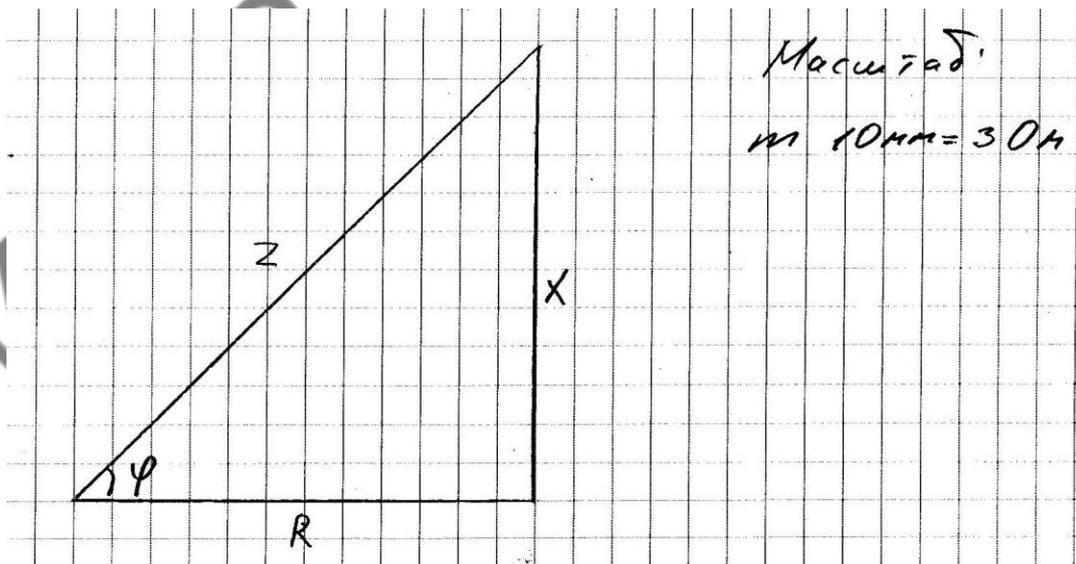


Рисунок 11.

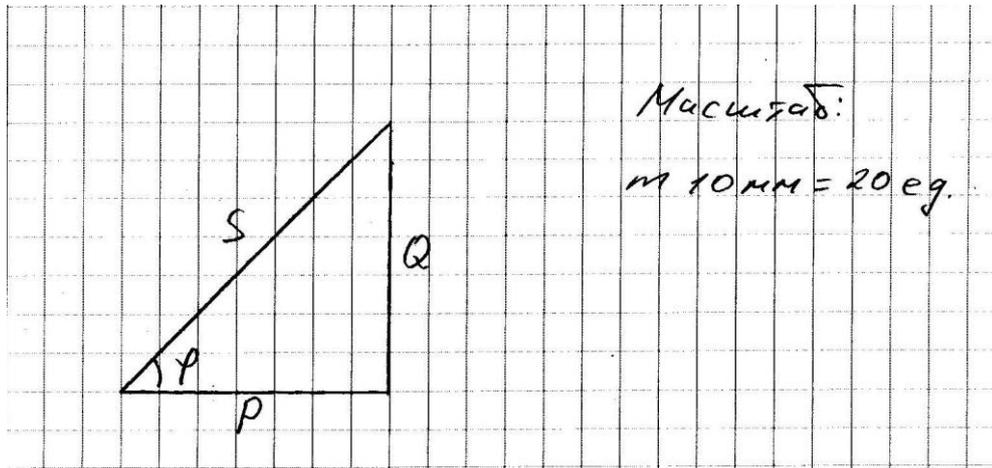


Рисунок 12.

9. Частота, при которой наступает резонанс напряжений:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{1}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 576 \cdot 10^{-6}}} = 27,1 \text{ Гц}, \quad (15)$$

Задача 42

Описать устройство и работу электродинамического ваттметра.
Начертить схему включения ваттметра.

Ответ

Принцип действия приборов электродинамической системы основан на действии магнитного поля, создаваемого током в неподвижной катушке 2, на проводник с током подвижной катушки 1 (рис. 13). Токи I_1 и I_2 создают магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , в результате чего подвижная катушка (со стрелкой) поворачивается так, чтобы направления (вектора) потоков были одинаковы.

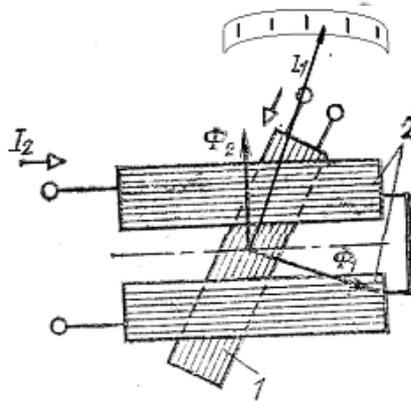


Рисунок 13 - Строение приборов электродинамической системы⁵

Схема включения электродинамического ваттметра для измерения активной мощности P для измерения в однофазных цепях переменного синусоидального тока приведена на рис. 14.

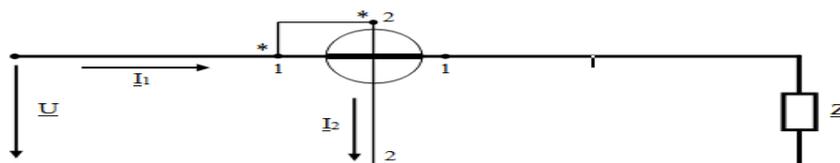


Рисунок 14 - Схема включения электродинамического ваттметра для измерения активной мощности в однофазных цепях переменного синусоидального тока.

⁵ Волынский, Б.А. Электротехника / Б.А.Волынский. - М.: Энергоатомиздат, 2010. - С. 107.

Неподвижная катушка ваттметра 1-1 – это токовая обмотка прибора, она включается в цепь последовательно с сопротивлением нагрузки Z . Подвижная катушка 2-2 – это обмотка напряжения, она включается в цепь параллельно нагрузке Z . Для того чтобы включение ваттметра существенно не нарушало режима работы цепи, последовательная цепь (токовая обмотка) должна обладать относительно малым сопротивлением, а параллельная цепь (обмотка напряжения) – относительно большим. С этой целью неподвижная катушка выполнена из толстого провода, а подвижная – из тонкого.

Угол поворота стрелки, которая закреплена на подвижной катушке, пропорционален измеряемой активной мощности нагрузки:

$$\alpha = c \cdot P = c \cdot U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = c \cdot R_2 \cdot I_2 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi, \quad (16)$$

где $U = R_2 \cdot I_2$ – входное напряжение на подвижной обмотке 2-2;

R_2 – сопротивление подвижной обмотки;

I_2 – ток, протекающий в подвижной обмотке, пропорционален напряжению U контролируемой цепи и совпадает с ним по фазе, а I_1 равен току нагрузки;

φ – сдвиг по фазе между вектором напряжения U и вектором тока I_1 .

Шкала электродинамического ваттметра равномерная.

Направление поворота подвижной катушки зависит от направления токов I_2 и I_1 в катушках. Поэтому зажимы ваттметра, точнее один из зажимов токовой обмотки и один из зажимов обмотки напряжения, маркируются – отмечаются звездочками (*). Эти зажимы со звездочками называются генераторными, их обычно соединяют между собой и включают со стороны источника. В этом случае ток в токовой обмотке ваттметра будет равен току нагрузки I_1 , а напряжение на подвижной катушке равно напряжению U . Если поменять местами зажимы одной из обмоток ваттметра, то направление вращающего момента изменится, следовательно, изменится и направление отклонения стрелки.

Задача 55

Устройство пятиэлектродной лампы – пентода. Схема включения пентода с источником питания. Преимущества пентода перед другими усилительными лампами.

Ответ

В пентоде имеются три сетки: C_1 - управляющая, C_2 - экранирующая и еще одна сетка, расположенная между анодом и экранирующей сеткой C_2 (рис.15). Ее называют защитной сеткой C_3 , так как она защищает лампу от возникновения динатронного эффекта. Встречаются и другие названия этой сетки: антидинатронная, противодинатронная, пентодная, третья. Защитная сетка обычно соединяется с катодом, т. е. имеет нулевой потенциал относительно катода и отрицательный относительно анода. В некоторых схемах на нее подается небольшое положительное или отрицательное постоянное напряжение⁶.

Однако и в этих случаях ее потенциал значительно ниже потенциала анода и антидинатронное действие остается. Во многих пентодах соединение защитной сетки с катодом делают внутри лампы, и тогда на этой сетке напряжение всегда равно нулю. Действие защитной сетки состоит в том, что между ней и анодом создается электрическое поле, которое тормозит, останавливает и возвращает на анод вторичные электроны, выбитые из анода. Они не проникают на экранирующую сетку, и динатронный эффект полностью устраняется.

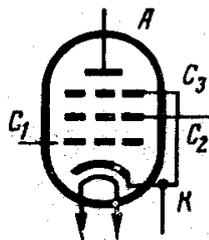


Рисунок 15 - Схема пентода

⁶ Герасимов, В.Г. Электротехника / В.Г.Герасимов. - М.: Высшая школа, 2011. - С. 217.

Между экранирующей и защитной сетками для электронов, летящих от катода, создается тормозящее поле, и может показаться, что это вызовет уменьшение анодного тока. Однако электроны, получив большую скорость под действием экранирующей сетки, долетают до защитной сетки и не теряют полностью скорость, так как между витками этой сетки потенциал не нулевой, а положительный.

На рис. 16 представлена схема включения пентода с источником питания.

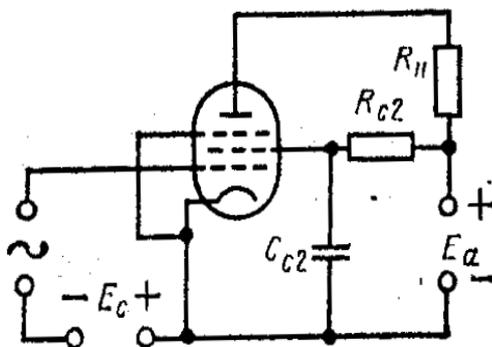


Рисунок 16 - Схема включения пентода

Достоинства пентода — малая проходная емкость, левое расположение сеточных характеристик анодного тока при невысоком анодном напряжении и устранение динаatronного эффекта — обеспечивают ему очень широкое применение. Наличие трех сеток делает коэффициент усиления пентодов очень большим (свыше тысячи). Следовательно, очень большим оказывается, и внутреннее сопротивление (сотни тысяч Ом).

Список литературы

1. Волынский, Б.А. Электротехника / Б.А.Волынский. - М.: Энергоатомиздат, 2010. - 250 с.
2. Герасимов, В.Г. Электротехника / В.Г.Герасимов. - М.: Высшая школа, 2011. - 307 с.
3. Пантюшин, В.С. Электротехника / В.С. Пантюшин. - М.: Высшая школа, 2012. - 310 с.
4. Пантюшин, В.С. Сборник задач по общей электротехнике / В.С. Пантюшин. - М.: Высшая школа, 2011. - 237 с.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ