

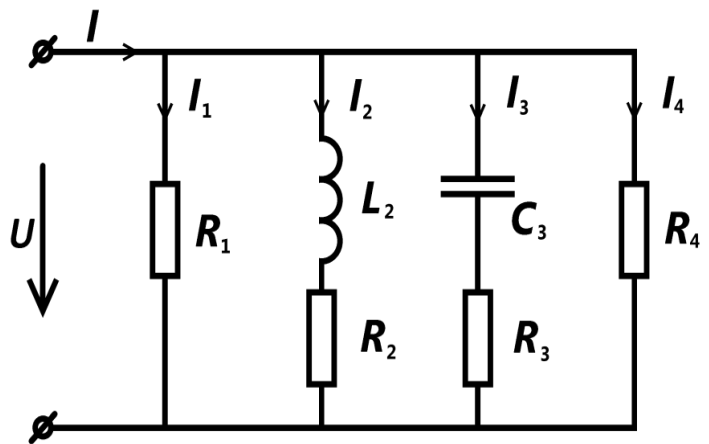
Параллельное соединение элементов в цепи синусоидального тока

В статье приведен пример решения контрольного задания для студентов заочного обучения по дисциплине "Электротехника", раздел – цепи однофазного синусоидального тока, параллельное соединение элементов.

В исходных данных к задаче приведена электрическая схема параллельного соединения разнородных элементов, а так же числовые значения параметров элементов включенных в рассматриваемую электрическую цепь.

Исходные данные:

Напряжение $U = 10$	В
Частота $f = 50$	Гц
Сопротивление $R_1 = 5$	Ом
Индуктивность $L_2 = 3$	Ом
Сопротивление $R_2 = 4$	Ом
Емкость $C_3 = 4$	Ом
Сопротивление $R_3 = 12$	Ом
Сопротивление $R_4 = 16$	Ом



Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение проводимостей. Построить диаграмму проводимостей.

2. Составить комплексное уравнение токов, построить векторную диаграмму токов. Записать ток на входе цепи алгебраической и показательной форм.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P , Q , S , $\cos\varphi$.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цепи в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока
 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50 \text{ Гц}, \psi_1 = 0$

Решение:

1. Рассчитываем проводимости элементов цепи и составляем комплексное уравнение проводимости:

$$\underline{Y} = g_1 + (-jb_{l2} + g_2) + (jb_{c3} + g_3) + jb_{c4} =$$

$$= 0,2 - 0,3333i + 0,25 + 0,25i + 0,0833 + 0,0625$$

$$\underline{Y} = 0,5958 - 0,0833i$$

2. Составляем комплексное уравнение напряжения с учетом нулевой начальной фазы:

$$\dot{U} = 50$$

3. Векторная диаграмма напряжения и проводимости на рис.1.

4. Рассчитываем значения тока на каждом элементе и ток протекающий по цепи, в комплексном виде:

$$IR1 = 10 \text{ A}$$

$$IR3 = 4,17 \text{ A}$$

$$IL2 = -16,665i \text{ A}$$

$$I3 = 4,17 + 12,5i$$

$$IR2 = 12,5 \text{ A}$$

$$IR4 = 3,13 \text{ A}$$

$$I2 = 12,5 - 16,665i \text{ A}$$

$$I = 29,8 - 4,165i$$

$$IC3 = 12,5i \text{ A}$$

5. Составляем комплексное уравнение тока:

$$\underline{I} = I_{r1} + (jI_{l2} + I_{r2}) + (jI_{c3} + I_{r3}) + I_{R4} =$$

$$= 10 - 16,665i + 12,5 + 12,5i + 4,17 + 3,13$$

6. Векторная диаграмма тока и напряжения на рис.2.

7. Определяем действующие значения тока на каждом элементе:

$$IR1 = 10 \text{ A}$$

$$IR3 = 4,17 \text{ A}$$

$$IL2 = 16,67 \text{ A}$$

$$I3 = 13,18 \text{ A}$$

$$IR2 = 12,5 \text{ A}$$

$$IR4 = 3,13 \text{ A}$$

$$I2 = 20,83 \text{ A}$$

$$I = 30,09 \text{ A}$$

$$IC3 = 12,5 \text{ A}$$

8. Рассчитываем начальную фазу напряжения, приложенного к цепи:

$$\psi = \arctg \frac{I_{L2} + I_{C3}}{I_{r1} + I_{r2} + I_{r3} + I_{r4}} = -7,96^\circ$$

9. Определяем сопряженный комплекс напряжения:

$$U^* = U$$

10. Рассчитываем мощности каждого элемента и мощность всей цепи в комплексном виде:

$$P_{R1} = 500 \text{ A}$$

$$P_{R3} = 208,5 \text{ A}$$

$$Q_{L2} = -833,25i \text{ A}$$

$$S_3 = 658,86 \text{ A}$$

$$P_{R2} = 625 \text{ A}$$

$$P_{R4} = 156,5 \text{ A}$$

$$S_2 = 1041,6 \text{ A}$$

$$S = 1490 - 208,25i \text{ A}$$

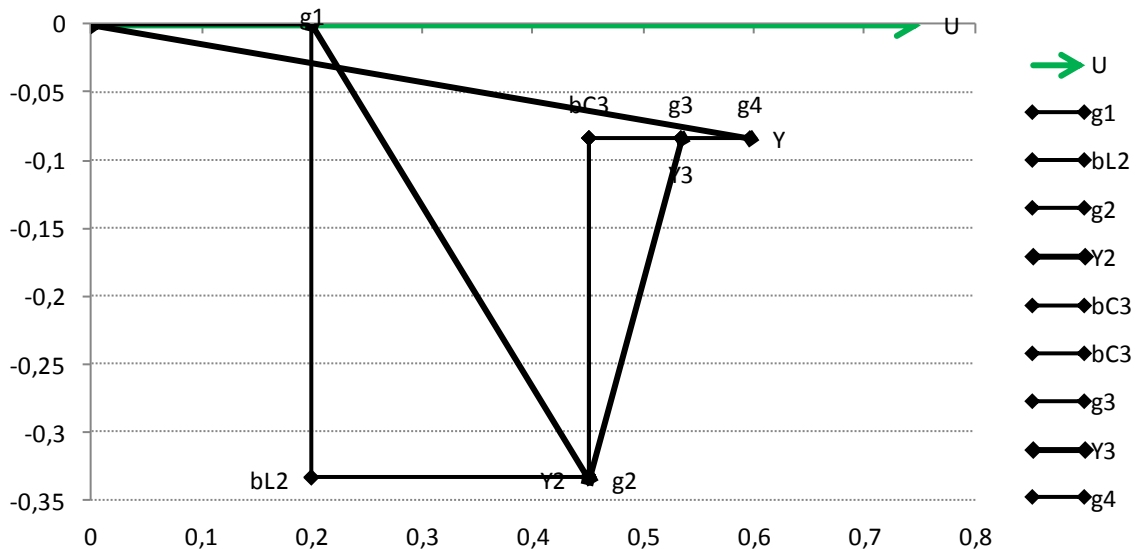
$$Q_{C3} = 625i \text{ A}$$

11. Составляем комплексное уравнение мощности цепи:

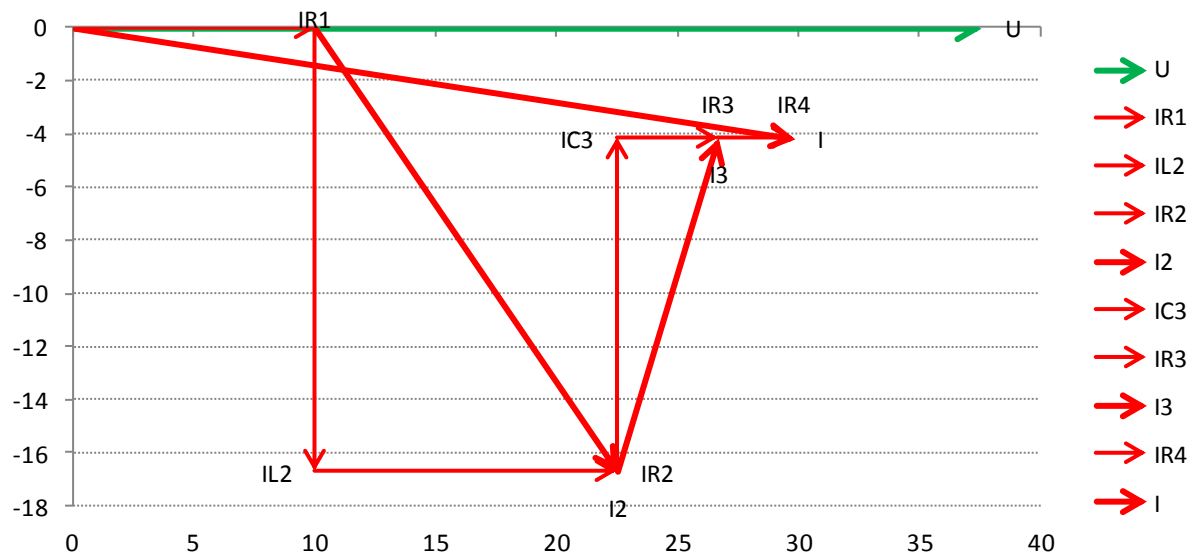
$$\begin{aligned} \underline{S} &= U I_{r1} + U jI_{l2} + U I_{r2} + U jI_c + U I_{r3} + U I_{r4} = \\ &= P_{r1} + jQ_{L2} + P_{r2} + jQ_{C3} + P_{r3} + P_{c4} = \end{aligned}$$

$$= 500 - 833,25i + 625 + 625i + 208,5 + 156,5$$

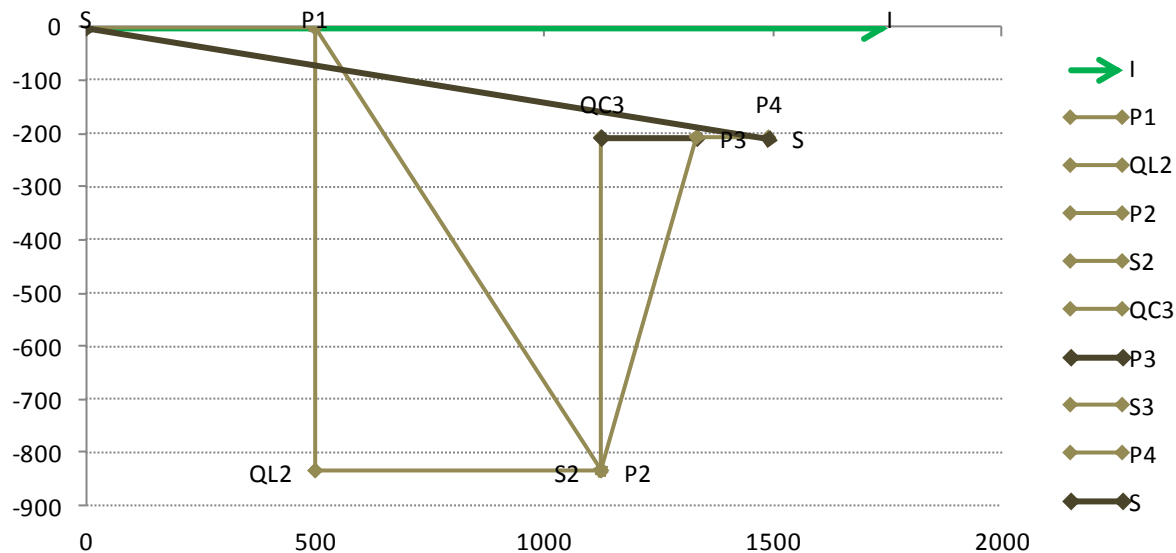
12. Векторная диаграмма напряжения и мощности на рис.3.



Векторная диаграмма напряжения и проводимости на рис. 1.



Векторная диаграмма тока и напряжения на рис. 2.



Векторная диаграмма напряжения и мощности на рис. 3.

Следующим этапом работы строим диаграммы зависимости изменения значения тока и напряжения, приложенного к цепи от времени. Для этого:

1. Определяем активную мощность цепи:

$$P = P_{r1} + P_{r2} + P_{r3} = 1490 \text{ Вт}$$

2. Рассчитываем коэффициент мощности цепи:

$$\cos \varphi = \frac{P_{r1} + P_{r2} + P_{r3}}{S} = 0,99$$

3. Составляем уравнение мгновенного значения напряжения цепи:

$$u = U_m \sin(\omega t \pm \psi_u)$$

4. Рассчитываем амплитудное значение напряжения цепи:

$$U_m = U \sqrt{2} = 70,71 \text{ A}$$

5. Рассчитываем угловую частоту напряжения:

$$\omega = 2 \pi f = 314,16$$

6. Начальная фаза напряжения $\psi_u=0$, соответственно функция напряжения от времени будет иметь вид:

$$u=70,71 \cdot \sin(314,16 \cdot t)$$

7. Составляем уравнение мгновенного значения тока цепи:

8. Рассчитываем амплитудное значение тока цепи:

$$i = I_m \sin(\omega t \pm \psi_i)$$

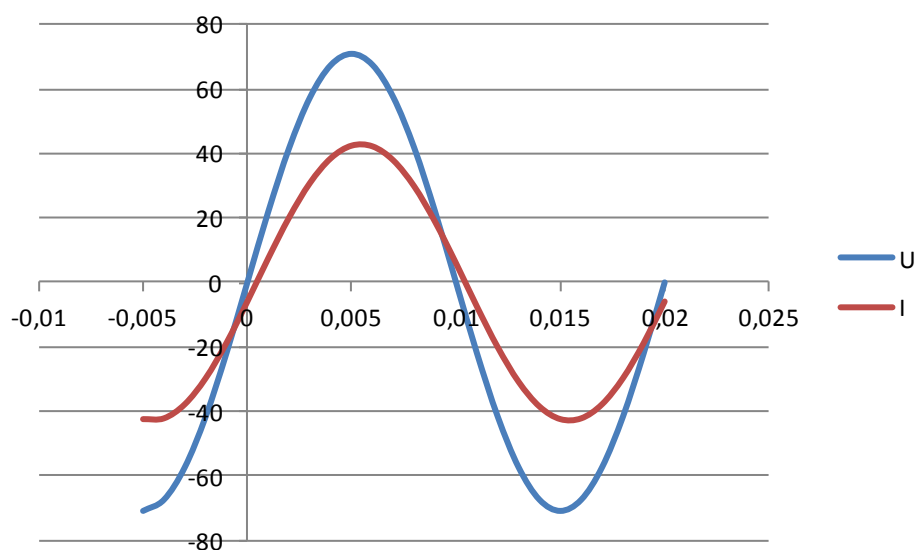
9. Угловая частота напряжения равна угловой частоте тока.

10. Начальная фаза тока $\psi_u=-7,96^\circ$,

11.соответственно функция тока от времени будет иметь вид:

$$i=42,55 \cdot \sin(314,16 \cdot t + -7,96^\circ)$$

12.Временная диаграмма тока и напряжения на рис.4.



Временная диаграмма тока и напряжения на рис. 4.