

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

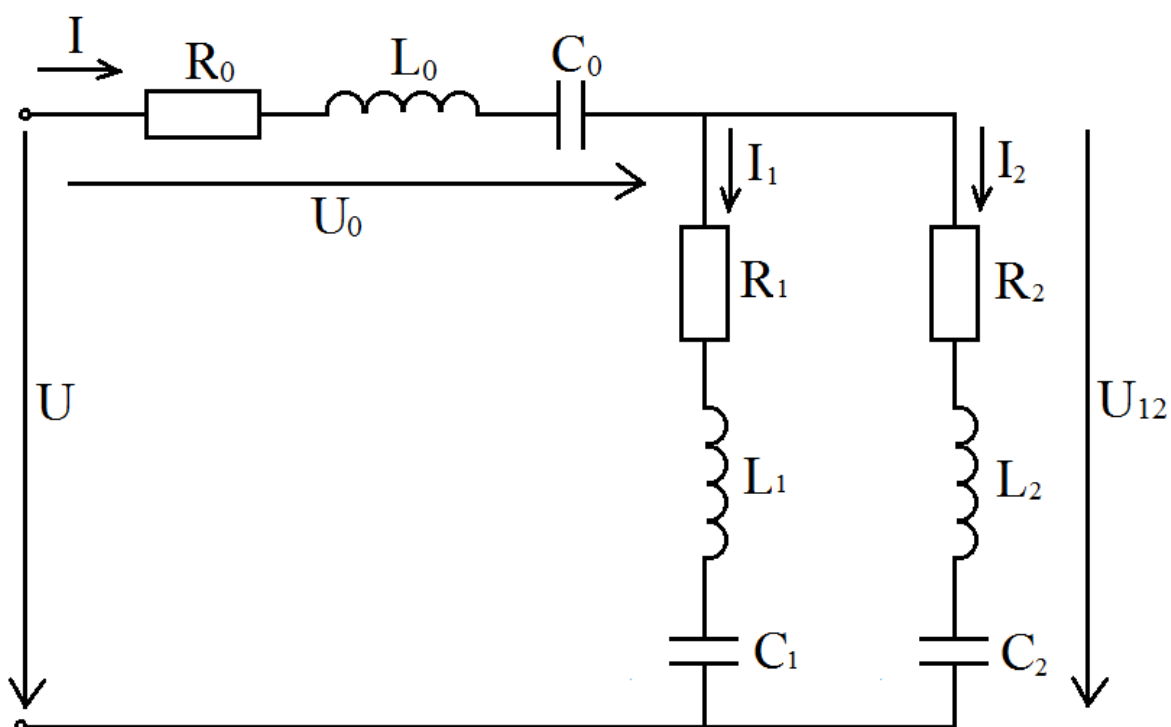
«Расчет цепи переменного тока методом комплексных чисел»

В схеме последовательно – параллельного соединения заданы напряжение цепи синусоидального тока и сопротивления элементов схемы.

Начертить схему цепи, включая те элементы, численные значения которых заданы в таблице по Вашему варианту.

Определить с помощью метода комплексных чисел значения всех токов I , I_1 , I_2 , напряжений U_0 , U_{12} ; активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи, коэффициент мощности $\cos \varphi$.

Построить векторную диаграмму токов и напряжений в масштабах на комплексной плоскости (по комплексам напряжений U , U_0 , U_{12} и комплексам токов I , I_1 , I_2).



№ вар.	U, В	R₀, Ом	X_{L0}, Ом	X_{C0}, Ом	R₁, Ом	X_{L1}, Ом	X_{C1}, Ом	R₂, Ом	X_{L2}, Ом	X_{C2}, Ом
1	60	5	5	0	8	0	6	6	8	0
2	130	10	0	0	6	8	0	0	0	10
3	85	5	0	0	4	3	6	0	5	0
4	130	0	0	5	3	7	3	5	0	0
5	185	5	0	40	20	40	0	20	0	40
6	100	5	5	0	6	0	8	8	6	0
7	130	3	4	0	0	0	5	5	5	0
8	125	0	50	0	30	80	40	0	0	50
9	200	3,2	17,6	0	16	12	0	8	14	20
10	125	11,6	0	13,8	10	10	0	30	10	50
11	120	12	8	0	16	0	14	18	12	0
12	280	24	0	0	12	18	0	0	0	26
13	170	10	0	0	9,6	12,2	8	0	14	0
14	260	0	0	10	15	5	16	10	0	0
15	270	10	0	30	60	80	0	25	0	35
16	300	24	12	0	32	0	28	20	20	0
17	390	9	9	0	0	0	5	10	12	0
18	250	0	75	0	55	90	45	0	0	30
19	500	18	0	22	20,8	24,6	0	20	50	30
20	400	34,2	6,6	0	24	36	0	26	16	38
21	180	18	20	0	16	0	22	20	24	0
22	380	32	0	0	22,5	26,5	0	0	0	30
23	255	15	0	0	10	13	19	0	17	0
24	400	0	0	22	16	24	18	8	0	0
25	90	10	0	26	34	26	0	16	0	12
26	200	14	21	0	13	0	13	19	15	0
27	260	12	9	0	0	0	16	7	7	0
28	370	0	80	0	90,2	120,6	60	0	0	80
29	345	12	0	16	16,6	14,4	0	18	35	14
30	295	17	4,4	0	19	16,2	0	15	9	22

ПРИМЕР

Цепь переменного тока состоит из последовательно – параллельного соединения элементов. В первую параллельную ветвь включены последовательно активное и индуктивное сопротивления: $R_1=10$ Ом, $X_{L1}=20$ Ом. Во вторую параллельную ветвь включены последовательно активное и емкостное сопротивления: $R_2=10$ Ом, $X_{C2}=20$ Ом. В последовательный участок цепи включены последовательно активное и индуктивное сопротивления: $R_0=5$ Ом, $X_{L0}=40$ Ом. Напряжение на зажимах цепи $U=100$ В.

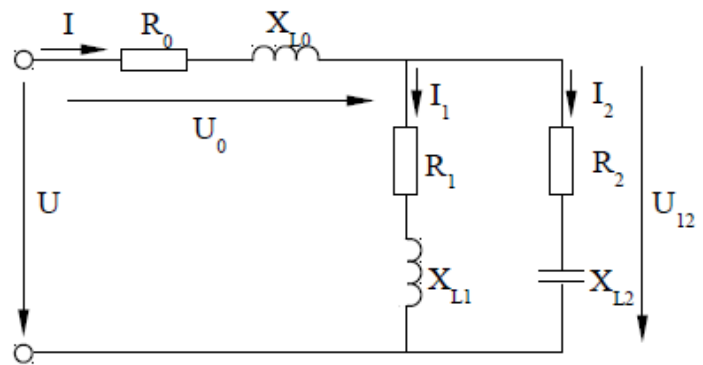
Определить комплексным методом токи в параллельных ветвях I_1 , I_2 и ток I в неразветвленной части цепи; полную S , активную P и реактивную Q мощности и коэффициент мощности $\cos \varphi$.

Построить векторную диаграмму напряжений и токов на комплексной плоскости, используя масштабы $M_U=10$ В/см и $M_I=0,4$ А/см.

Дано:

$R_1=10$ Ом;
 $X_{L1}=20$ Ом;
 $R_2=10$ Ом;
 $X_{C2}=20$ Ом;
 $R_0=5$ Ом;
 $X_{L0}=40$ Ом;
 $U=100$ В;
 $M_U=10$ В/см;
 $M_I=0,4$ А/см.

Определить: I_1 , I_2 , I , S , P , Q , $\cos \varphi$.



Решение.

1 Комплексные полных сопротивлений параллельных ветвей:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + jX_{L1} = (10 + j20) \text{ Ом} = 22,36e^{j63,4^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_2 = R_2 - jX_{C2} = (10 - j20) \text{ Ом} = 22,36e^{-j63,4^\circ} \text{ Ом}.$$

2 Комплекс полного сопротивления последовательного участка цепи:

$$\underline{Z}_0 = R_0 + jX_{L0} = (5 + j40) \text{ Ом} = 40,3e^{j82,9^\circ} \text{ Ом}.$$

3 Комплекс полного сопротивления параллельного участка цепи:

$$\underline{Z}_{12} = \frac{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} = \frac{22,36e^{j63,4^\circ} \cdot 22,36e^{-j63,4^\circ}}{10 + j20 + 10 - j20} = \frac{500}{20} = 25 \text{ Ом}.$$

4 Комплекс полного сопротивления всей цепи:

$$\underline{Z} = \underline{Z}_0 + \underline{Z}_{12} = 5 + j40 + 25 = 30 + j40 = 50e^{j53,13^\circ} \text{ Ом}.$$

5 Комплекс напряжения цепи.

Принимаем, что вектор напряжения будет исходным, совпадающим с положительным направлением действительной оси. Тогда:

$$\overline{U} = U = 100 \text{ В}.$$

6 Комплекс тока в неразветвленной части цепи определяем по закону Ома:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{100}{50e^{j53,13^\circ}} = 2e^{-j53,13^\circ} = (1,2 - j1,6) \text{ А}$$

7 Действующее значение общего тока равно модулю его комплексного выражения:

$$I = 2 \text{ А}.$$

8 Напряжение на последовательном участке цепи, т. е. на сопротивлении Z_0 .

$$\dot{U}_0 = \dot{I} \cdot \underline{Z}_0 = 2e^{-j53,13^\circ} \cdot 40,3e^{j82,9^\circ} = 80,6e^{j29,77^\circ} \text{ В} = (70 + j40) \text{ В}.$$

9 Напряжение на параллельном участке цепи:

$$\dot{U}_{12} = \dot{U} - \dot{U}_0 = 100 - 70 - j40 = (30 - j40) \text{ В} = 50e^{-j53.13^\circ} \text{ В или}$$

$$\dot{U}_{12} = \dot{I} \cdot Z_{12} = 2e^{-j53.13^\circ} \cdot 25 = 50e^{-j53.13^\circ} \text{ В} = (30 - j40) \text{ В}$$

10 Комплексы токов параллельных ветвей по закону Ома:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{12}}{Z_1} = \frac{50e^{-j53.13^\circ}}{22.36e^{j63.4^\circ}} = 2.24e^{-j116.53^\circ} = -2.24e^{j(180^\circ-116.53^\circ)} = -2.24e^{j63.4^\circ} \text{ А} = (-1 - j2) \text{ А};$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{12}}{Z_2} = \frac{50e^{-j53.13^\circ}}{22.36e^{-j63.4^\circ}} = 2.24e^{j10.27^\circ} \text{ А} = (2.2 + j0.4) \text{ А}.$$

11 Проверить вычисление комплексов токов можно по первому закону Кирхгофа:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2; 1.2 - j1.6 = -1 - j2 + 2.2 + j0.4; (1.2 - j1.6) \text{ А} = (1.2 - j1.6) \text{ А}.$$

Вычисления выполнены верно.

12 Действующие значения токов ветвей равны соответственно модулям их комплексных выражений:

$$I_1=2.24 \text{ А}; I_2=2.24 \text{ А}.$$

13 Комплекс полной мощности определяется как произведение комплекса напряжения и сопряженного комплекса тока:

$$\dot{S} = \dot{U} \cdot \dot{I}^* = 100 \cdot 2e^{j53.13^\circ} = 200e^{j53.13^\circ} \text{ ВА} = (120 + j160) \text{ ВА};$$

т. к. $\dot{S} = P \pm jQ$, то

активная мощность $P=120$ Вт;

реактивная мощность $Q=160$ вар;

полная мощность – модуль комплекса S^* - $S=200$ ВА.

14 Построение векторной диаграммы легче выполнить на комплексной плоскости,

используя алгебраическое выражение токов и напряжений и соотношения: $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$;

$\dot{U} = \dot{U}_0 + \dot{U}_{12}$, в заданных масштабах $M_U=10$ В/см и $M_I=0,4$ А/см.

Векторная диаграмма построена на рисунке.

Координаты концов векторов: $\overline{U} (10; 0)$; $\overline{U}_0 (7; 4)$; $\overline{U}_{12} (3; -j4)$;

$\overline{I}_1 (-2.5; -j5)$; $\overline{I}_2 (5.5; j1)$; $\overline{I} (3; -j4)$.

