

### ПРОСТЫЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

#### Методические указания

Для решения задач по цепям переменного тока необходимо знать соотношения сторон в прямоугольном треугольнике по теореме Пифагора и через тригонометрические функции.

Уметь переходить от синусоидальной формы записи мгновенных значений тока и напряжения к алгебраической и показательной.

Переходы из одной формы записи в другие:

$$a + jb \Rightarrow A \sin(\omega t + \psi) \Rightarrow Ae^{j\psi}$$

$$\text{где } A = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \psi = \arctg \frac{b}{a}$$

$$Ae^{j\psi} \Rightarrow a + jb, \quad \text{где } a = A \cos \psi, \quad b = A \sin \psi$$

Так для напряжения приведенного на рис. 8:

- 1) алгебраическая  $\dot{U} = U_a + jU_p$ ;
- 2) тригонометрическая  $\dot{U} = U \cos \Psi_a + jU \sin \Psi_a = U(\cos \Psi + j \sin \Psi)$ ;  
 $U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2}$ ;  $\Psi_a = \arctg U_p / U_a$ ;
- 3) показательная  $\dot{U} = Ue^{j\Psi_a}$   
где:  $\cos \Psi_a + j \sin \Psi_a = e^{j\Psi_a}$ ;  
 $\Psi_a = \arctg U_p / U_a$ ;  
 $U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2}$ ;

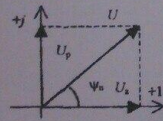


Рис. 8. Векторная диаграмма напряжений

Символ  $j$  перед мнимой частью комплексного числа в алгебраической форме означает, что мнимая часть повернута по отношению к вещественной на угол  $90^\circ$  в положительном

направлении (против часовой стрелки). В обратном направлении угол будет отрицательным.  $j = \sqrt{-1}$ ;  $e^{j90} = j$ ;  $e^{-j90} = -j$ .

При последовательном соединении комплексное сопротивление  $Z = R + Z_L + Z_C = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}$ .

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad R = Z \cos \varphi; \quad X = Z \sin \varphi;$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad \sin \varphi = \frac{X}{Z}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$$

Полная мощность для участка цепи  $S = UI$ ; активная мощность  $P = UI \cos \varphi$ ; реактивная мощность  $Q = UI \sin \varphi$ , где  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ ;  $P = S \cos \varphi$ ;  $\cos \varphi = P/S$ ;  $Q = S \sin \varphi$ ;  $\sin \varphi = Q/S$ ;

$$\operatorname{tg} \varphi = Q/P. \quad \dot{S} = \dot{U} \dot{I}$$

При синусоидальном законе изменения, действующие значения тока и напряжения в  $\sqrt{2}$  меньше амплитудного.

Закон Ома в комплексной форме:  $\dot{U} = \dot{I} Z$ .

Первый закон Кирхгофа в комплексной форме:  $\sum_{k=1}^n \dot{I}_k = 0$ .

Второй закон Кирхгофа в комплексной форме:  $\sum_{k=1}^n \dot{E}_k = \sum_{k=1}^m \dot{I}_k Z_k$ .

**Задача 3.** Для электрической цепи, приведенной на рис. 9, определить мгновенные и действующие значения токов и напряжений всех участков цепи. Вычислить активные, реактивные и полные мощности всех участков цепи. Построить векторные диаграммы напряжений и токов.

Сопротивления  $R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$ ,  $\omega = 2\pi f = 314 \text{ рад/с}$  при  $f = 50 \text{ Гц}$ .

Значения индуктивностей и емкостей, а также дополнительные условия заданы по вариантам в табл. 3 и 4.

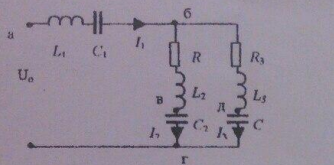


Рис. 9 Простая цепь переменного тока

Таблица 3

№	$L_1$ мГн	$C_1$ мкФ	$L_2$ мГн	$C_2$ мкФ	$L_3$ мГн	$C_3$ мкФ
1	31,8	159,2	63,69	318,5	108,3	132,7
2	35,0	151,7	66,88	289,5	124,21	65,0
3	38,3	144,7	70,07	265,4	105,1	138,5
4	41,4	138,5	73,25	245,0	121,0	66,4
5	44,6	132,7	76,44	227,5	101,9	144,7
6	47,8	127,4	79,62	212,3	117,8	67,8
7	50,9	122,5	82,8	199,1	98,7	151,7
8	54,1	118,0	85,99	187,3	114,6	69,2
9	57,3	113,7	89,17	176,9	95,5	159,2
10	60,5	109,8	92,35	167,6	111,5	70,8
11	63,7	106,1	95,54	159,2	92,3	167,6
12	66,9	102,7	98,78	151,7	108,3	72,4
13	70,1	99,5	101,9	144,7	89,17	176,9
14	73,2	96,5	105,1	138,5	31,85	159,2
15	76,4	93,7	108,3	132,7	86,0	187,3
16	79,6	91,0	111,5	127,4	101,9	75,8
17	82,7	88,5	114,6	122,5	82,5	199,1
18	86,0	86,0	117,8	118,0	35,03	151,7
19	87,2	83,7	121,0	113,71	79,62	212,3
20	92,3	81,7	124,2	109,8	38,22	144,7
21	95,54	79,6	127,4	106,1	76,44	227,5
22	98,73	77,7	130,58	102,7	41,4	138,5
23	101,92	75,8	133,76	99,5	73,25	245,0
24	101,5	74,0	136,95	96,5	44,59	132,7
25	108,29	72,4	140,13	93,7	70,07	265,4
26	111,47	70,8	143,32	91,0	47,77	127,4
27	114,65	69,2	146,5	88,5	66,38	289,5

Таблица 4

№	Дополнительные условия	№	Дополнительные условия
1	$U_{10} = 200 \cos 314t$ В	16	$i_2 = 20\sqrt{2} \sin(314t + \pi/3)$ А
2	$U_{10} = 220 \cos(314t - \pi/12)$ В	17	$i_1 = 20\sqrt{2} \cos(314t - \pi/3)$ А
3	$E_0 = 4$ кВт	18	$Q_0 = 2$ квар
4	$U_{10} = 460 \cos(314t + \pi/6)$ В	19	$U_0 = 400 \cos 314t$ В
5	$U_{10} = 200 \sin(314t - \pi/4)$ В	20	$U_{C2} = 780 \cos(314t + \pi/12)$ В
6	$P_2 = 2$ кВт	21	$Q_0 = 2$ квар
7	$U_2 = 200\sqrt{2} \sin(314t - 2\pi/3)$ В	22	$U_0 = 598\sqrt{2} \sin(314t + \pi)$ В
8	$U_{10} = 920\sqrt{2} \sin(314t - \pi/3)$ В	23	$U_0 = 670 \sin(314t + 2\pi/3)$ В
9	$P_2 = 2$ кВт	24	$S_0 = 4\sqrt{2}$ кВА
10	$U_{10} = 700\sqrt{2} \sin(314t + \pi/4)$ В	25	$i_2 = 20 \sin(314t + \pi/4)$ А
11	$U_{10} = 200\sqrt{2} \sin(314t + \pi/3)$ В	26	$i_2 = 10\sqrt{2} \cos(314t + \pi/12)$ А
12	$Q_0 = 4$ квар	27	$S_2 = 2\sqrt{2}$ кВА
13	$U_{10} = 200\sqrt{2} \sin(314t - \pi/12)$ В	28	$S_2 = 2$ кВт
14	$i_2 = 20 \cos(314t + \pi/4)$ А	29	$U_{10} = 780\sqrt{2} \sin(314t + \pi/3)$ В
15	$Q_0 = 4$ квар	30	$S_2 = 2\sqrt{2}$ кВА

**Задача 4.** Рассчитать электрическую цепь (рис. 10) с параметрами линии  $R_n + j\omega L_n = (1,6 + j2,8)$  Ом и нагрузки  $R_n + j\omega L_n = (4 + j4)$  Ом при воздействии синусоидального напряжения, заданного в табл. 5,

при двух значениях емкости:  $-j\frac{1}{\omega C} = -j8$  Ом и  $-j\frac{1}{\omega C} = -j2$  Ом.

Определить напряжения, токи и мощности всех участков цепи, коэффициент полезного действия цепи и  $\cos \varphi$ .

$$\eta = \frac{P_n}{P_u + P_n}; \quad \cos \varphi = P / U_0 I_0. \quad \text{Сравнить полученные результаты.}$$