

## 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  $\dot{U} = U \cos \Psi_u + jU \sin \Psi_u = U(\cos \Psi_u + j \sin \Psi_u)$ ;

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2}; \quad \Psi_u = \arctg U_p / U_a;$$

3) показательная  $\dot{U} = Ue^{j\Psi_u}$

где:  $\cos \Psi_u + j \sin \Psi_u = e^{j\Psi_u}$ ;

$$\Psi_u = \arctg U_p / U_a$$

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2}$$

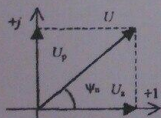


Рис. 8. Векторная диаграмма напряжений

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.

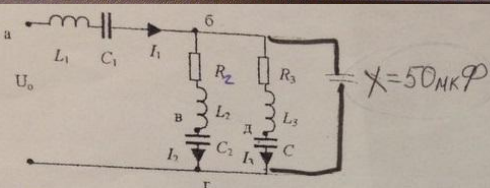


Рис. 9 Простая цепь переменного тока

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 | 637         | 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        | 66,88       | 289,5       |

Таблица 4

| №  | Дополнительные условия                       | №  | Дополнительные условия                      |
|----|--|----|---|
| 1  | $U_{C1} = 200 \cos 314t$ В                   | 16 | $i_2 = 20\sqrt{2} \sin(314t + \pi/3)$ А     |
| 2  | $U_{L2} = 220 \cos(314t - \pi/12)$ В         | 17 | $i_3 = 20\sqrt{2} \cos(314t - \pi/3)$ А     |
| 3  | $P_0 = 4$ кВт                                | 18 | $Q_1 = 2$ квар                              |
| 4  | $U_{L2} = 460 \cos(314t + \pi/6)$ В          | 19 | $U_0 = 400 \cos 314t$ В                     |
| 5  | $U_{C2} = 200 \sin(314t - \pi/4)$ В          | 20 | $U_{C1} = 780 \cos(314t + \pi/12)$ В        |
| 6  | $P_0 = 2$ кВт                                | 21 | $Q_1 = 2$ квар                              |
| 7  | $U_0 = 200\sqrt{2} \sin(314t - 2\pi/3)$ В    | 22 | $U_{C0} = 598\sqrt{2} \sin(314t + \pi)$ В   |
| 8  | $U_{C1} = 920\sqrt{2} \sin(314t - \pi/3)$ В  | 23 | $U_{C0} = 670 \sin(314t + 2\pi/3)$ В        |
| 9  | $P_0 = 2$ кВт                                | 24 | $S_0 = 4\sqrt{2}$ кВА                       |
| 10 | $U_{L1} = 700\sqrt{2} \sin(314t + \pi/4)$ В  | 25 | $i_3 = 20 \sin(314t + \pi/4)$ А             |
| 11 | $U_{C0} = 200\sqrt{2} \sin(314t + \pi/3)$ В  | 26 | $i_3 = 10\sqrt{2} \cos(314t + \pi/12)$ А    |
| 12 | $Q_0 = 4$ квар                               | 27 | $S_0 = 2\sqrt{2}$ кВА                       |
| 13 | $U_{C0} = 200\sqrt{2} \sin(314t - \pi/12)$ В | 28 | $S_0 = 2$ кВт                               |
| 14 | $i_3 = 20 \cos(314t + \pi/4)$ А              | 29 | $U_{C0} = 780\sqrt{2} \sin(314t + \pi/3)$ В |
| 15 | $Q_1 = 4$ квар                               | 30 | $S_0 = 2\sqrt{2}$ кВА                       |