

Расчетно - графическая работа №2

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОДНОФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

P	U	I	Параметры Z1			Параметры Z2			Параметры Z3			Характер
			R1, Ом	L1, мГн	C1, мкФ	R2, Ом	L2, мГн	C2, мкФ	R3, Ом	L3, мГн	C3, мкФ	
200	50	5	3	12,74				318,5	1	57,32		C

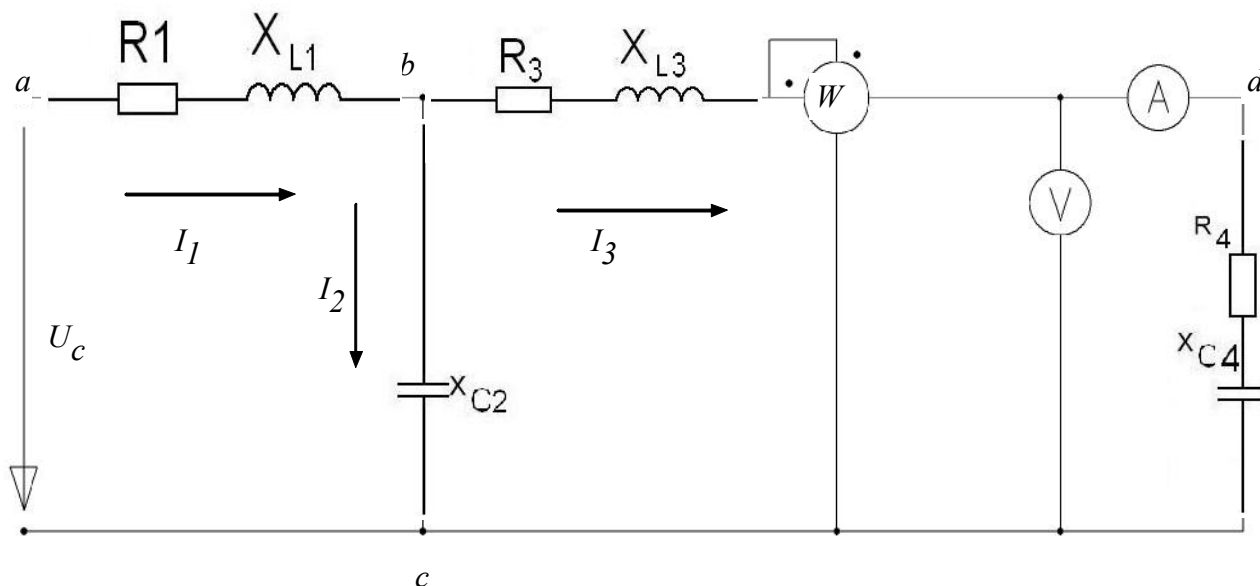


Рис. 1. Схема электрической цепи однофазного переменного тока.

Ход работы:

1. Расчет сопротивления Z4:

$$\text{активная составляющая } R_4 = \frac{P}{I^2} = \frac{200}{5^2} = 8 \quad \text{Ом}$$

$$\text{полное сопротивление } Z_4 = \frac{U}{I} = \frac{50}{5} = 10 \quad \text{Ом}$$

$$\text{реактивная составляющая } X_4 = \sqrt{Z_4^2 - R_4^2} = \sqrt{10^2 - 8^2} = 6 \quad \text{Ом}$$

2. Расчет индуктивных и емкостных сопротивлений

$$X_{L1} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1 = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 12,7 \cdot 10^{-3} \quad X_{L1} = 4 \cdot \text{Ом}$$

$$X_{L3} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_3 = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 57,3 \cdot 10^{-3} \quad X_{L3} = 18 \cdot \text{Ом}$$

$$X_{C2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 318 \cdot 10^{-6}} \quad X_{C2} = 10 \cdot \text{Ом}$$

3. Определим значения U_c, I_1, I_2 методом проводимости

полное сопротивление второй ветви

$$Z_{34} = \sqrt{R_{34}^2 + X_{34}^2} = \sqrt{(R_3 + R_4)^2 + (X_{L3} - X_{C4})^2} = \sqrt{(1 + 8)^2 + (18 - 6)^2} = 15 \cdot \text{Ом}$$

Напряжение между узлами b и c

$$U_{bc} = I \cdot Z_{34} = 5 \cdot 15 = 75.0 \quad \text{В}$$

Полное сопротивление первой ветви

$$Z_2 = \sqrt{(R_2 \cdot 0)^2 + (-X_C)^2} = \sqrt{(0 \cdot 0)^2 + (-10)^2} = 10 \cdot \text{Ом}$$

тогда ток

$$I_2 = \frac{U_{bc}}{Z_2} = \frac{75.0}{10} = 7.5 \quad \text{А}$$

Активные проводимости ветвей

$$g_{34} = \frac{R_3 + R_4}{Z_{34}^2} = \frac{1 + 8}{15^2} = 0.04 \cdot \text{Сим}$$

$$b_2 = \frac{-X_{C2}}{Z_2^2} = \frac{-10}{10^2} = -0.1 \cdot \text{Сим}$$

$$b_{34} = \frac{X_{L3} - X_{C4}}{Z_{34}^2} = \frac{18 - 6}{15^2} = 0.053 \cdot \text{Сим}$$

полная проводимость участка bc

$$y_{bc} = \sqrt{(g_2 + g_{34})^2 + (b_2 + b_{34})^2} = \sqrt{(0 + 0.04)^2 + (-0.1 + 0.053333)^2} = 0.061464 \quad \text{Сим}$$

ток неразветвленного участка цепи

$$I_1 = U_{bc} \cdot y_{bc} = 75.0 \cdot 0.061464 = 4.61 \quad A$$

активное и реактивное сопротивление участков

$$R_{bc} = \frac{g_2 + g_{34}}{y_{bc}^2} = \frac{0 + 0.04}{0.061464^2} = 10.588 \quad \text{Ом}$$

$$X_{bc} = \frac{b_2 + b_{34}}{y_{bc}^2} = \frac{-0.1 + 0.053333}{0.061464^2} = -12.353 \quad \text{Ом}$$

полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_{bc})^2 + (X_{L1} + X_{bc})^2} = \sqrt{(3 + 10.588)^2 + (4 + -12.353)^2} = 15.95 \cdot \text{Ом}$$

Напряжение приложенное к цепи

$$U_c = I_1 \cdot Z = 4.61 \cdot 15.95 = 73.529 \quad B$$

4. произведем расчет в комплексной форме

$$Z'_1 = R_1 + X_{L1} \cdot j = 3 + 4j = 5 \cdot e^{53.2^\circ \cdot j} \quad \text{Ом}$$

$$Z'_2 = -X_{C2} \cdot j = -10j = 10.0 \cdot e^{-90.0^\circ \cdot j} \quad \text{Ом}$$

$$\begin{aligned} Z'_{34} &= R_3 + R_4 - X_{C4} \cdot j + X_{L3} \cdot j = 1 + 8 - 6j + 18j = 9 + 12j = \\ &= 15.0 \cdot e^{53.2^\circ \cdot j} \quad \text{Ом} \end{aligned}$$

комплекс полного сопротивления участка bc

$$\begin{aligned} Z_{bc} &= \frac{Z'_2 \cdot Z'_{34}}{Z'_2 + Z'_{34}} = \frac{10.0 \cdot e^{-90.0^\circ \cdot j} \cdot 15.0 \cdot e^{53.2^\circ \cdot j}}{-10j + 1 + 8 - 6j + 18j} = \frac{150.0 \cdot e^{-36.9^\circ \cdot j}}{9.22 \cdot e^{12.5^\circ \cdot j}} = \\ &= 16.3 \cdot e^{-49.4^\circ \cdot j} = (10.608 - 12.376j) \cdot \text{Ом} \end{aligned}$$

полное комплексное сопротивление цепи

$$Z = Z_1 + Z_{bc} = 3.0 + 4.0j + 10.6 - 12.4j = 13.6 - 8.4j =$$

$$= 16.0 \cdot e^{-31.7 \cdot j} \quad \text{Ом}$$

Ток в неразветвленной части ветви

$$I'_1 = \frac{U_c}{Z'} = \frac{73.5}{16.0 \cdot e^{-31.7 \cdot j}} =$$

$$I'_1 = 4.59 \cdot e^{31.7 \cdot j} = 3.905 + 2.412j \quad A$$

Действующее значение тока $i_1 = 4.59 \quad A$

Комплекс напряжения между узлами a и b

$$U_{ab} = I'_1 \cdot Z'_1 = 4.59 \cdot e^{31.7 \cdot j} \cdot 5 \cdot e^{53.2 \cdot j} =$$

$$= 23.0 \cdot e^{84.9 \cdot j} = 2.045 + 22.909j \quad B \quad \text{В нашем случае } U_1 = U_{ab}$$

Комплекс напряжения между узлами b и c

$$U_{bc} = I'_1 \cdot Z'_{bc} = 4.59 \cdot e^{31.7 \cdot j} \cdot 16.3 \cdot e^{-49.4 \cdot j} =$$

$$= 74.8 \cdot e^{-17.7 \cdot j} = 71.259 - 22.742j \quad B \quad \text{В нашем случае } U_2 = U_{34} = U_{bc}$$

Комплекс токов в ветках

$$I_2 = \frac{U_{bc}}{Z'_2} = \frac{74.8 \cdot e^{-17.7 \cdot j}}{10.0 \cdot e^{-90.0 \cdot j}} =$$

$$= 7.48 \cdot e^{72.3 \cdot j} = 2.274 + 7.126j \quad A$$

Действующее значение $i_2 = 7.48 \quad A$

$$I_3 = \frac{U_{bc}}{Z'_{34}} = \frac{74.8 \cdot e^{-17.7 \cdot j}}{15.0 \cdot e^{53.2 \cdot j}} =$$

$$= 4.99 \cdot e^{-70.9 \cdot j} = 1.633 - 4.715j \quad A$$

Действующее значение тока $i_3 = 4.99 \quad A$

комплексное сопротивление приемника Z4

$$Z_4 = R_4 - X_{C4} \cdot j = 8 - 6j = 10.0 \cdot e^{-36.9 \cdot j} \quad \text{Ом}$$

Напряжение и его действующее значение на сопротивлении Z4

$$U_{dc} = I_3 \cdot Z_4 = 4.99 \cdot e^{-70.9 \cdot j} \cdot 10.0 \cdot e^{-36.9 \cdot j} =$$

$$= 49.9 \cdot e^{-108.0^\circ \cdot j} \quad B$$

Действующее значение $u_{dc} = 49.9 \quad B$

комплексная мощность приемника Z_4

$$S_4 = U_{dc} \cdot \overline{I_3} = 49.9 \cdot e^{-108.0^\circ \cdot j} \cdot \overline{4.99 \cdot e^{-70.9^\circ \cdot j}}$$

$$= 49.9 \cdot e^{-108.0^\circ \cdot j} \cdot 4.99 \cdot e^{70.9^\circ \cdot j} = 249 \cdot e^{-37.1^\circ \cdot j} = 198.598 - 150.199j \quad BA$$

Активная и реактивная мощность

$$P_4 = 198.598 \quad Bm$$

$$Q_4 = -150.199 \quad Bap$$

показание ваттметра, вольтметра и амперметра

$$P = 198.598 \quad Bm$$

$$U = 49.9 \quad B$$

$$I = 4.99 \quad A$$

Напряжения в цепи

$$U_{R1} = I' \cdot R_1 = 4.59 \cdot e^{31.7^\circ \cdot j} \cdot 3 =$$

$$= 13.8 \cdot e^{31.7^\circ \cdot j} = 11.741 + 7.252j$$

$$U_{X1} = I' \cdot X_1 = 4.59 \cdot e^{31.7^\circ \cdot j} \cdot 4 \cdot e^{90.0^\circ \cdot j} = 18.4 \cdot e^{122.0^\circ \cdot j} = -9.751 + 15.604j$$

$$U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = 7.48 \cdot e^{72.3^\circ \cdot j} \cdot 0$$

$$= 0 \cdot e^{0.0 \cdot j} = 0$$

$$U_{X2} = I_2 \cdot X_2 = 7.48 \cdot e^{72.3^\circ \cdot j} \cdot 10 \cdot e^{-90.0^\circ \cdot j} = 74.8 \cdot e^{-17.7^\circ \cdot j} = 71.259 - 22.742j$$

$$U_{R3} = R_{34} \cdot I_3 = (1 + 8) \cdot 4.99 \cdot e^{-70.9^\circ \cdot j} =$$

$$= 44.9 \cdot e^{-70.9^\circ \cdot j} = 14.692 - 42.428j$$

$$U_{X3} = X_{34} \cdot I_3 = 12 \cdot e^{90.0^\circ \cdot j} \cdot 4.99 \cdot e^{-70.9^\circ \cdot j} = 59.9 \cdot e^{19.1^\circ \cdot j} = 56.602 + 19.6j$$

Зададимся масштабами

$$\mu_i = 1 \quad \frac{A}{\text{см}} \quad \mu_u = 5 \quad \frac{B}{\text{см}}$$

