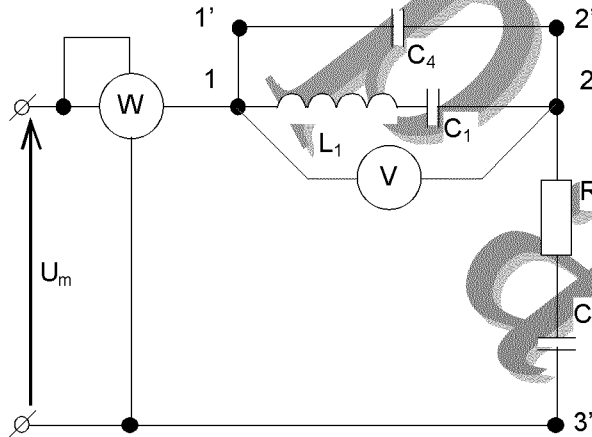


По данным в табл.2 амплитудным значениям напряжения источника питания  $U_m$ , начальной фазе напряжения  $\psi_u$ , параметрах элементов ветвей электрической ветви начертить схему замещения с включением вольтметра и ваттметра согласно варианта. Частота 50 Гц.

Выполнить следующее:

- 1) определить сопротивление реактивных элементов цепи  $X_L, X_C$ , действующие значения токов ветвей  $I$ , записать их мгновенные значения.
- 2) определить показания вольтметра и ваттметра;
- 3) сложить баланс активных и реактивных мощностей;
- 4) построить в масштабе совместную векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости

| № | $U_m$ | $\psi_u$ | номер ветвей |   |      |      | $R_1$ | $L_1$ | $C_1$ | $R_3$ | $L_3$ | $C_3$ | $R_4$ | $L_4$ | $C_4$ | $V_v$ |
|---|-------|----------|--------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | В     | град     | 1            | 2 | 3    | 4    | Ом    | мГн   | мкФ   | Ом    | мГн   | мкФ   | Ом    | мГн   | мкФ   | В     |
|   | 141   | -30      | 12           | - | 2'3' | 1'2' | -     | 159   | 106   | 100   | -     | 20    | -     | -     | 43    | 12    |



Найдем сопротивления реактивных элементов

$$X_{L1} = \omega L1 = 2\pi f L1 = 314,16 \cdot 159 \cdot 10^{-3} = 49,9513 \text{ Ом}$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{314,16 \cdot 106 \cdot 10^{-6}} = 30,029 \text{ Ом}$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega C_3} = \frac{1}{314,16 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 159,155 \text{ Ом}$$

$$X_{C4} = \frac{1}{\omega C_4} = \frac{1}{314,16 \cdot 43 \cdot 10^{-6}} = 74,026 \text{ Ом}$$

Определим сопротивления каждой из ветвей цепи

$$\underline{Z}_1 = jX_{L1} - jX_{C1} = 49,9513j - 30,029j = 19,922e^{90^\circ} j \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_3 = R_3 - jX_{C3} = 100 - 159,155j = 187,964e^{-57,858^\circ} j \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_4 = -jX_{C4} = -74,026j = 74,026e^{-90^\circ} j \text{ Ом}$$

Сопротивление параллельных цепей можно найти как

$$\underline{Z}_{14} = \frac{\underline{Z}_1 \underline{Z}_4}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_4} = \frac{19,922e^{90^\circ} j \cdot 74,026e^{-90^\circ} j}{19,922j - 74,026j} = \frac{1474,744}{-54,103j} = 27,258e^{90^\circ} j = 27,258j \text{ Ом}$$

Общее сопротивление можно найти как

$$\underline{Z} = \underline{Z}_{14} + \underline{Z}_3 = 100 - 159,155j + 27,258j = 100 - 131,897j = 165,52e^{-52,832^\circ} j \text{ Ом}$$

Найдем действующее значение тока

$$\dot{I} = \frac{U_m e^{j\psi}}{\underline{Z}} = \frac{141 e^{-30j}}{\sqrt{2} \cdot 165.52 e^{-52.832j}} = 0.602 e^{22.832j} = 0.555 + 0.234j \text{ А}$$

Найдем разность потенциалов между точками 1-2

$$\dot{U}_{12} = \dot{I} \cdot \underline{Z}_{14} = 0.602 e^{22.832j} \cdot 27.258 e^{90j} = 16.419 e^{112.832j} = -6.371 + 15.132j \text{ В}$$

Разность потенциалов между точками 2-3 можно определить следующим образом.

$$\begin{aligned} \dot{U}_{23} &= \frac{U_m}{\sqrt{2}} e^{j\psi} - \dot{U}_{12} = \dot{I} \cdot \underline{Z}_3 = 0.602 e^{22.832j} \cdot 187.964 e^{-57.858j} = \\ &= 113.221 e^{-35.026j} = 92.716 - 64.984j \text{ В} \end{aligned}$$

Значение токов по ветви с сопротивлением  $\underline{Z}_1$  и  $\underline{Z}_4$  можно определить как

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{12}}{\underline{Z}_1} = \frac{16.419 e^{112.832j}}{19.922 e^{90j}} = 0.824 e^{22.832j} = 0.76 + 0.32j \text{ А}$$

$$\dot{I}_4 = \frac{\dot{U}_{12}}{\underline{Z}_4} = \frac{16.419 e^{112.832j}}{74.026 e^{-90j}} = 0.222 e^{157.168j} = -0.204 - 0.086j \text{ А}$$

Мгновенные значения токов и напряжений будут следующими

$$i(t) = i_3(t) = 0.602 \sqrt{2} \sin(\omega t + 22.832^\circ) = 0.852 \sin(\omega t + 22.832^\circ) \text{ А}$$

$$i_1(t) = 0.824 \sqrt{2} \sin(\omega t + 22.832^\circ) = 1.166 \sin(\omega t + 22.832^\circ) \text{ А}$$

$$i_4(t) = 0.222 \sqrt{2} \sin(\omega t - 157.168^\circ) = 0.314 \sin(\omega t - 157.168^\circ) \text{ А}$$

$$u(t) = 141 \sin(\omega t - 30^\circ) \text{ В}$$

$$u_{12}(t) = 16.419 \sqrt{2} \sin(\omega t + 112.832^\circ) = 23.22 \sin(\omega t + 112.832^\circ) \text{ В}$$

$$u_{23} = 113.221 \sqrt{2} \sin(\omega t - 35.026^\circ) = 160.119 \sin(\omega t - 35.026^\circ) \text{ В}$$

3. Сложить баланс активных и реактивных мощностей;

Полную мощность, потребляемую ветвью или цепью, можно найти, если умножить напряжение на сопряженный ток в комплексной форме.

$$S_1 = \dot{U}_{12} \cdot \dot{I}_1^* = 16.419 e^{112.832j} \cdot 0.824 e^{-22.832j} = 13.532j = Q_1j$$

$$S_3 = \dot{U}_{23} \cdot \dot{I}_3^* = 36.494 e^{-50.024j} \cdot 0.602 e^{-22.832j} = 36.283 - 57.747j = P_3 + Q_3j$$

$$S_4 = \dot{U}_{12} \cdot \dot{I}_4^* = 16.419 e^{112.832j} \cdot 0.222 e^{-157.168j} = -3.642j = Q_3j$$

Общую мощность можно найти как

$$\begin{aligned} S &= \sum P_i + j \sum Q_i = (P_1 + P_2 + P_4) + j(Q_1 + Q_2 + Q_4) = P + jQ = \\ &= 36.263 + j(13.532 - 57.747 - 3.642) = 36.263 - 47.857j \text{ ВА} \end{aligned}$$

В тоже время полную мощность можно определить как

$$S = P + jQ = U \cdot I^* = \frac{141}{\sqrt{2}} e^{-30j} \cdot 0.602 e^{22.832j} = 36.263 - 47.857j \text{ ВА}$$

Баланс мощностей сходится.

2. Определить показания вольтметра и ваттметра;

Подключенный вольтметр покажет действующее значение падения напряжения на сопротивлении  $Z_{14}$  т.е.  $V_v = |U_{12}| = 16,419$ . Ваттметр покажут соответственно полную активную мощность, т.е.  $W_p = 36.263$  Вт.

#### 4. Векторная диаграмма

**Примечание.** При переписывании над векторами тока ( $\dot{I}$ ) и напряжения ( $\dot{U}$ ) обязательно необходимо ставить точки. Полное сопротивление  $\underline{Z}$  и полная мощности  $\underline{S}$  являются скалярами, поэтому они подчеркиваются сверху или снизу.

