

96-97 Практическая работа 5

Расчёт разветвленной цепи переменного тока

Электрическая цепь, подключённая к сети переменного тока с напряжением $U = 230$ В и частотой 50 Гц, имеет параметры:
 $R_1 = 8$ Ом; $R_2 = 7$ Ом; $R_3 = 9$ Ом; $L_1 = 28$ мГн; $L_2 = 22$ мГн; $C_3 = 220$ мкФ.

1 Рассчитать сопротивления реактивных элементов цепи.

2 Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи.

3 Рассчитать ток первой ветви.

4 Определить токи второй и третьей ветви с помощью формул разброса.

5 Составить баланс активных и реактивных мощностей.

6 Построить векторную диаграмму токов и совмещённую с ней топографическую векторную диаграмму напряжений.

7 Записать ток 1 ветви как функцию времени и построить его график.

РЕШЕНИЕ.

Определим угловую частоту тока $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314$ с⁻¹.

1 Рассчитаем сопротивления реактивных элементов цепи:

$$X_{L1} = \omega \cdot L_1 = 314 \cdot 0,028 = 8,79 \text{ Ом}; \quad X_{L2} = \omega \cdot L_2 = 314 \cdot 0,022 = 6,91 \text{ Ом};$$

$$X_{C3} = 1 / \omega \cdot C_3 = 1 / (314 \cdot 220 \cdot 10^{-6}) = 14,48 \text{ Ом}.$$

2 Определим комплексы полных сопротивлений ветвей:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + jX_{L1} = 8 + j8,79 \Rightarrow 11,89 e^{j47,7^\circ} \text{ Ом}.$$

$$\underline{Z}_2 = R_2 + jX_{L2} = 7 + j6,91 \Rightarrow 9,87 e^{j44,8^\circ} \text{ Ом}.$$

$$\underline{Z}_3 = R_3 - jX_{C3} = 9 - j14,48 \Rightarrow 17,05 e^{-j58,1^\circ} \text{ Ом}.$$

Рассчитаем сопротивление параллельно соединённых \underline{Z}_2 и \underline{Z}_3

$$\underline{Z}_{23} = \underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3 / (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3) = (7 + j6,91) \cdot (9 - j14,48) / (7 + j6,91 + 9 - j14,48) =$$
$$= (163,1 - j39,2) / (16 - j7,57) = 9,28 + j1,94 \Rightarrow 9,48 e^{j11,8^\circ} \text{ Ом}.$$

Рассчитаем эквивалентное сопротивление цепи

$$\underline{Z}_\Sigma = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_{23} = 8 + j8,79 + 9,28 + j1,94 = 17,28 + j10,73 \Rightarrow 20,34 e^{j31,9^\circ} \text{ Ом}.$$

3 Рассчитаем ток первой ветви

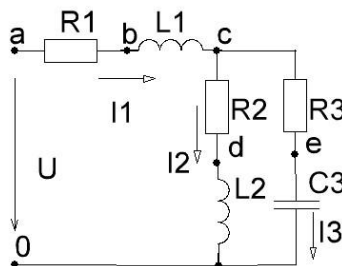
$$\underline{I}_1 = \underline{U} / \underline{Z}_\Sigma = 230 / (17,28 + j10,74) = 9,6 - j5,97 \Rightarrow 11,3 e^{-j31,9^\circ} \text{ А}.$$

4 Разбрасываем первый ток между второй и третьей ветвями

Здесь два варианта способа расчёта А и В

Вариант А. Применим формулы разброса

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_1 \cdot \underline{Z}_3 / (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3) = (9,6 - j5,97) \cdot (9 - j14,48) / (7 + j6,91 + 9 - j14,48) =$$
$$= (-0,05 - j192,7) / (16 - j7,57) = 4,65 - j9,84 \Rightarrow 10,89 e^{-j64,7^\circ} \text{ А}.$$



$$\underline{I}_3 = \underline{I}_1 \cdot \underline{Z}_2 / (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3) = (9,6 - j5,97) \cdot (7 + j6,91) / (7 + j6,91 + 9 - j14,48) = (108 + j24,6) / (16 - j7,57) = 4,92 + j3,87 \Rightarrow 6,26 e^{j38,2^\circ} \text{ A.}$$

Вариант В. Определим напряжение на параллельно соединённых ветвях $\underline{U}_C = \underline{I}_1 \cdot \underline{Z}_{23} = (9,6 - j5,97) \cdot (9,28 + j1,94) = 100,7 - j36,8 \Rightarrow 107,2 e^{-j20,1^\circ} \text{ В.}$

Определим токи 2 и 3 ветвей по закону Ома

$$\underline{I}_2 = \underline{U}_C / \underline{Z}_2 = (100,7 - j36,8) / (7 + j6,91) = 4,66 - j9,85 \Rightarrow 10,9 e^{-j64,7^\circ} \text{ A.}$$

$$\underline{I}_3 = \underline{U}_C / \underline{Z}_3 = (100,7 - j36,8) / (9 - j14,48) = 4,95 - j3,88 \Rightarrow 6,29 e^{j38,1^\circ} \text{ A.}$$

Проверим по 1 закону Кирхгофа

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \underline{I}_3; \quad 9,6 - j5,97 = 4,65 - j9,84 + 4,92 + j3,87 = 9,57 - j5,97. \text{ Сходится.}$$

5 Составим баланс активных и реактивных мощностей.

$$\text{Мощность источника } \underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}_1^* = 230 \cdot (9,6 + j5,97) = 2208 + j1373 = P + jQ.$$

Активная мощность потребителей

$$R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2 + R_3 \cdot I_3^2 = 8 \cdot 11,3^2 + 7 \cdot 10,89^2 + 9 \cdot 6,26^2 = 1022 + 830 + 353 = 2205 \text{ Вт.}$$

Погрешность 0,13 %

Реактивная мощность потребителей

$$X_{L1} \cdot I_1^2 + X_{L2} \cdot I_2^2 - X_{C3} \cdot I_3^2 = 8,79 \cdot 11,3^2 + 6,91 \cdot 10,89^2 - 14,48 \cdot 6,26^2 = 1122 + 819 - 567 = 1374 \text{ вар. Погрешность 0,07 \%}$$

Рассчитать задачу 3 КП по варианту