

95	5	130	100	90	160	—	—	10	22	8	18	10	20
96	6	100	160	120	—	—	140	24	18	12	26	14	24
97	7	120	80	100	—	130	160	10	18	16	8	18	14
98	8	—	120	130	—	100	180	16	26	20	12	26	18
99	9	120	100	80	—	—	150	20	14	24	16	22	20
100	10	180	140	160	—	90	—	16	8	26	14	12	8

2. Задача № 2.

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Задание задачи рассчитано на освоение студентами символического (комплексного) метода расчёта линейных электрических цепей однофазного синусоидального тока [1-6].

2.1. Постановка задачи

Задана электрическая схема (рис. 2). Исходные данные для схемы приведены в таблице 2. Входное напряжение $u(t)$, равное ЭДС $e(t)$, изменяется по синусоидальному закону $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$.

Требуется:

1. С помощью символического метода расчёта найти комплексы действующих значений токов в ветвях схемы.

2. Построить топографическую диаграмму, совмещённую с векторной диаграммой токов.
3. Написать закон изменения мгновенного значения тока первой ветви и нарисовать график его изменения за время, равное одному периоду.

2.2. Порядок расчёта [6]

4. Символический метод расчёта.

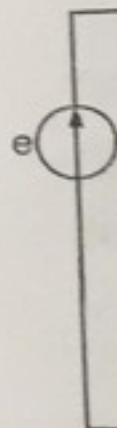
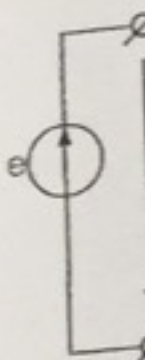
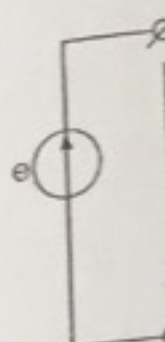
- нарисуем символическую схему замещения исходной схемы, определим для неё комплекс действующего значения входного напряжения и полные комплексные сопротивления элементов схемы;
- используя любой из методов расчёта линейных электрических цепей, находим требуемые значения комплексов действующих значений токов;
- правильность расчёта проверяем по балансу полных комплексных мощностей.

5. Топографическая диаграмма.

- после каждого элемента символической схемы замещения расставляем точки и обозначаем их;
- на схеме замещения заземляем любую точку, принимаем её комплексный потенциал за нулевой, определяем комплексные потенциалы остальных точек схемы относительно заземлённой;
- нарисуем комплексную плоскость, масштаб по осям координат выбираем одинаковым, наносим комплексные потенциалы на плоскость;
- соединяем точки прямыми линиями между собой, придаём отрезкам направления таким образом, чтобы полученные векторы падения напряжения соответствовали падениям напряжения на элементах схемы замещения; при этом надо учесть, что каждый вектор падения напряжения на схеме между двумя точками имеет прямо противоположное направление на топографической диаграмме между этими же точками.

6. Баланс полных комплексных мощностей.

- определяем полную комплексную мощность источника, записываем её в алгебраической форме записи: $S_{\text{И}} = P_{\text{И}} + j Q_{\text{И}}$;
- находим полную комплексную мощность нагрузок, записываем её в алгебраической форме записи: $S_{\text{Н}} = P_{\text{Н}} + j Q_{\text{Н}}$;
- находим относительные ошибки для активной и реактивной мощностям, ошибки не должны превышать пяти процентов.



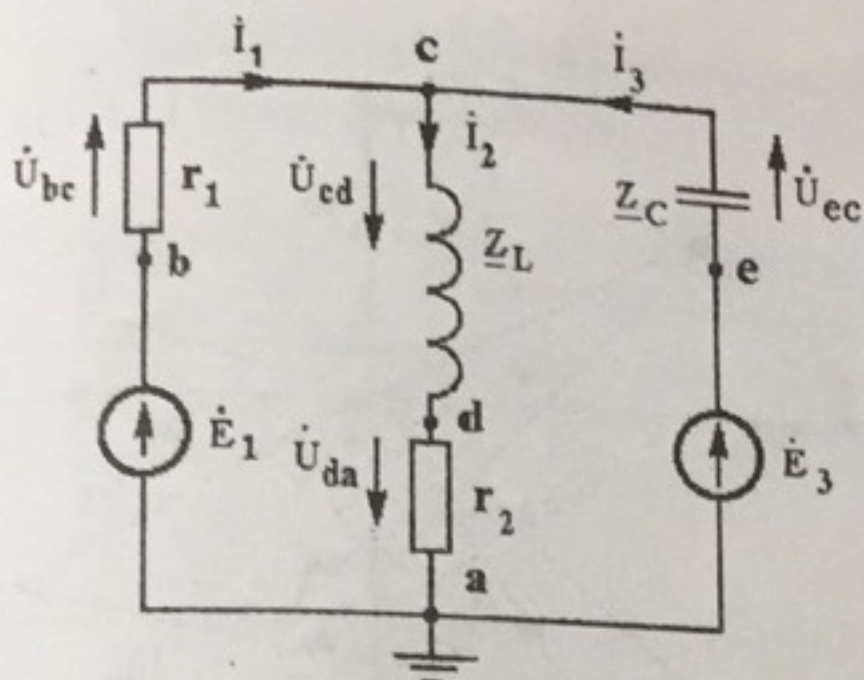


Рис. 3.23

Порядок построения.

1. Заземлим точку a и найдем потенциалы остальных точек относительно заземленной. Определение потенциалов осуществим по тому же правилу, что рассматривали в разделе 2.7.

Имеем: $\phi_a = 0$;

$$\phi_b = \phi_a + \dot{E}_1 = 86,6 - j50 = 100 e^{-j30} \text{ В};$$

$$\begin{aligned} \phi_c &= \phi_b - R_1 \dot{I}_1 = 86,6 - j50 - 100 (0,683 + j0,183) = \\ &= 86,6 - j50 - 68,3 - j18,3 = 18,3 - j68,3 = 70,71 e^{-j75} \text{ В}; \end{aligned}$$

$$\phi_d = \phi_a + R_2 \dot{I}_2 = 50 (-0,5 - j0,866) = -25 - j43,3 = 50 e^{j240} \text{ В};$$

$$\phi_e = \phi_a + \dot{E}_3 = -86,6 + j50 = 100 e^{j150} \text{ В}.$$

Для проверки найдем потенциал точки c через потенциалы точек d и e :

$$\phi_c = \phi_d + Z_L \dot{I}_2 = (-25 - j43,3) + (0 + j50)(-0,5 - j0,866) = 18,3 - j68,3 \text{ В};$$

$$\phi_c = \phi_e - Z_C \dot{I}_3 = -86,6 + j50 - (0 - j100)(-1,183 - j1,049) = 18,3 - j68,3 \text{ В}.$$

Как видим, все три значения ϕ_c совпадают.

2. Обычно топографическую диаграмму рисуют совмещенной с векторной диаграммой токов. Векторная диаграмма токов - это реализация первого закона Кирхгофа на комплексной плоскости. При построении диаграмм масштаб выбирают равным по действительной и мнимой осям.

На рис. 3.24 масштабы указаны на осях координат. При нанесении соответствующих точек потенциалов (и концов векторов тока) проще пользоваться алгебраической формой записи комплексных чисел (векторов). Масштаб для тока в 100 раз меньше, чем для потенциалов.

$$\dot{I}'_1 = \frac{\dot{U}'_{ab}}{Z_1} = \frac{116,6e^{-j12,9}}{50,25e^{j84,3}} = 2,32e^{-j97,2} = -0,28 - j2,3 \text{ A};$$

$$\dot{I}''_3 = \frac{\dot{U}''_{ab}}{Z_3} = \frac{116,6e^{-j12,9}}{111,8e^{-j26,6}} = 1,04e^{j13,7} = 1,01 + j0,25 \text{ A}.$$

3. Токи в ветвях \dot{I}_1 , \dot{I}_2 , \dot{I}_3 и падение напряжения \dot{U}_{ab} найдем как алгебраическую сумму соответствующих частичных токов и падений напряжения:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}'_1 - \dot{I}''_1 = 0,73 - j2,05 + 0,28 + j2,3 = 1,01 + j0,25 = 1,04 e^{j13,9} \text{ A};$$

$$\dot{I}_2 = -\dot{I}'_2 + \dot{I}''_2 = 0,28 + j2,3 + 0,73 - j2,05 = 1,01 + j0,25 = 1,04 e^{j13,9} \text{ A};$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}'_3 + \dot{I}''_3 = 1,01 + j0,25 + 1,01 + j0,25 = 2,02 + j0,5 = 2,08 e^{j13,9} \text{ A};$$

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}'_{ab} + \dot{U}''_{ab} = 113,5 - j25,6 + 113,5 - j25,6 = 227 - j51,2 = 232,7 e^{-j12,7} \text{ В}.$$

4. Найденное решение проверим по балансу мощностей:

$$\tilde{S}_H = \dot{E}_1 \dot{I}_1^* + \dot{E}_2 \dot{I}_2^* = 220 e^{j0} \cdot 1,04 e^{-j13,9} + 220 e^{j0} \cdot 1,04 e^{-j13,9} = 444 - j110 \text{ ВА};$$

$$\tilde{S}_H = Z_1 I_1^2 + Z_2 I_2^2 + Z_3 I_3^2 = 50,25 e^{j84,3} \cdot 1,04^2 + 50,25 e^{j84,3} \cdot 1,04^2 + 111,8 e^{-j26,6} \cdot 2,08^2 = 443 - j108 \text{ ВА}.$$

Значения токов найдены правильно, относительные ошибки δ_P и δ_Q меньше 5%.

3.7. Топографическая диаграмма

Топографическая диаграмма - это картина распределения комплексных потенциалов точек электрической цепи на комплексной плоскости. Топографическая диаграмма совпадает с векторной диаграммой падений напряжения, если соединить векторами соответствующие потенциалы точек электрической цепи.

Порядок построения рассмотрим на примере, разобранным в разделе 3.6.1.

Приведем схему рис. 3.23 и числовые данные, полученные ранее.

Дано: $r_1 = 100 \text{ Ом}; r_2 = 50 \text{ Ом};$

$Z_L = j50 \text{ Ом}; Z_c = -j100 = 100 e^{-j90} \text{ Ом};$

$E_1 = 86,6 - j50 = 100 e^{-j30} \text{ В};$

$E_3 = -86,6 + j50 = 100 e^{j150} \text{ В};$

$I_1 = 0,683 + j0,183 = 0,707 e^{j15} \text{ А};$

$I_2 = -0,5 - j0,866 = 1 e^{j240} \text{ А};$

$I_3 = -1,183 - j1,049 = 1,581 e^{j221,56} \text{ А}.$