

Вариант

Задача 1

Расчет разветвленной линейной электрической цепи постоянного тока с несколькими источниками электрической энергии

Для электрической цепи, соответствующей номеру варианта и изображенной на рис. 1 выполнить следующее:

1. Записать систему уравнений для определения токов в ветвях путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Решать систему уравнений не следует.
2. Определить токи в ветвях методом контурных токов.
3. Построить потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего в себя обе ЭДС.
4. Определить режимы работы активных элементов, составить баланс мощностей.

Значения ЭДС источников и сопротивлений приемников для вар. 21:

$E_1 = 140 \text{ В}$, $E_2 = 120 \text{ В}$, $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 24 \Omega$, $R_4 = 20 \Omega$, $R_5 = 12 \Omega$, $R_6 = 18 \Omega$.

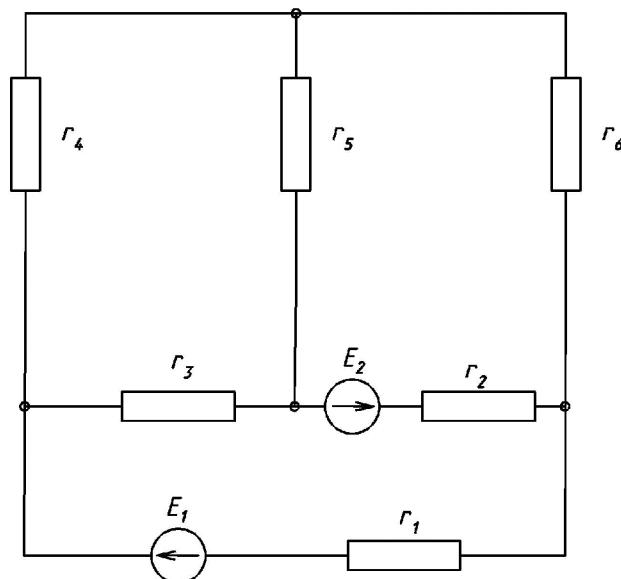


Рис. 1.

Решение.

1. Произвольно расставим направления токов в ветвях цепи, примем направления обхода контуров, обозначим узлы.

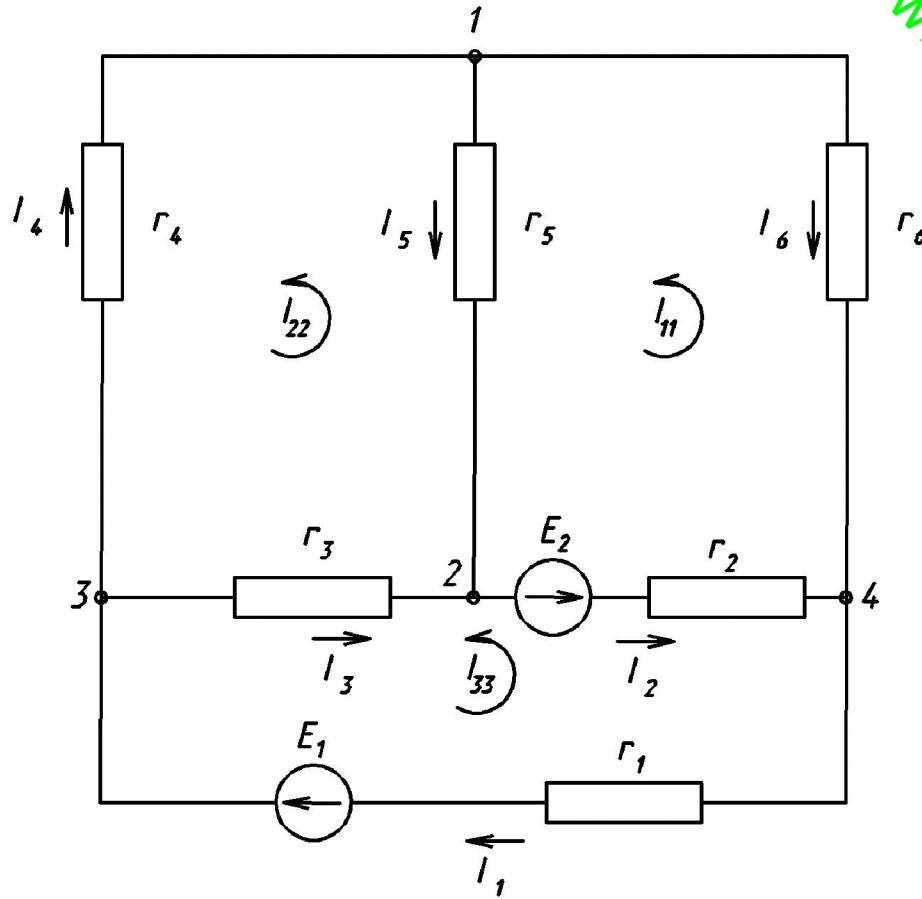


Рис. 2.

2. Для получения системы уравнений по законам Кирхгофа для расчета токов в ветвях цепи составим по 1-му закону Кирхгофа 3 уравнения (на 1 меньше числа узлов в цепи) для узлов 1,2,3:

$$I_4 - I_5 - I_6 = 0$$

$$I_5 + I_3 - I_2 = 0$$

$$I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

По второму закону Кирхгофа составим $m - (p - 1)$ уравнений (где m – кол-во ветвей, p – кол-во узлов), т.е. $6 - (4 - 1) = 3$:

$$E_2 = I_2 R_2 - I_6 R_6 + I_5 R_5$$

$$-I_5 R_5 - I_4 R_4 + I_3 R_3 = 0$$

$$-E_2 - E_1 = -I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_1 R_1$$

Токи и напряжения совпадающие с принятым направлением обхода с «+», несовпадающие с «-».

Т.е. полная система уравнений для нашей цепи, составленная по законам Кирхгофа:

$$I_4 - I_5 - I_6 = 0$$

$$I_5 + I_3 - I_2 = 0$$

$$I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

$$E_2 = I_2 R_2 - I_6 R_6 + I_5 R_5$$

$$-I_5 R_5 - I_4 R_4 + I_3 R_3 = 0$$

$$-E_2 - E_1 = -I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_1 R_1$$

4. Определим токи во всех ветвях методом контурных токов. Зададимся направлениями течения контурных токов в каждом контуре схемы и обозначим их I_{11} , I_{22} , I_{33} (см. рис. 2).

5. Определим собственные сопротивления контуров нашей цепи, а так же взаимные сопротивления контуров:

$$R_{11} = R_6 + R_5 + R_2 = 18 + 12 + 4 = 34 \text{ (Ом)}$$

$$R_{22} = R_3 + R_4 + R_5 = 24 + 20 + 12 = 56 \text{ (Ом)}$$

$$R_{33} = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 4 + 24 = 33 \text{ (Ом)}$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_5 = -12 \text{ (Ом)}$$

$$R_{23} = R_{32} = -R_3 = -24 \text{ (Ом)}$$

$$R_{13} = R_{31} = -R_2 = -4 \text{ (Ом)}$$

6. Составим систему уравнений для контуров нашей цепи:

$$R_{11} \cdot I_{11} + R_{12} I_{22} + R_{13} I_{33} = E_2$$

$$R_{21} I_{11} + R_{22} I_{22} + R_{23} I_{33} = 0$$

$$R_{31} I_{11} + R_{32} I_{22} + R_{33} I_{33} = -E_1 - E_2$$

Подставим числовые значения и решим.

$$34 \cdot I_{11} - 12 I_{22} - 4 I_{33} = 120$$

$$-12 I_{11} + 56 I_{22} - 24 I_{33} = 0$$

$$-4 I_{11} - 24 I_{22} + 33 I_{33} = -260$$

Решение

$$I_{11} = 0,553 \text{ (A)}$$

$$I_{22} = -4,69 \text{ (A)}$$

$$I_{33} = -11,22 \text{ (A)}$$

Определим фактические токи в ветвях цепи:

$$I_1 = -I_{33} = 11,22 \text{ (A)}$$

$$I_2 = I_{11} - I_{33} = 0,553 + 11,22 = 11,77 \text{ (A)}$$

$$I_3 = I_{22} - I_{33} = -4,69 + 11,22 = 6,53 \text{ (A)}$$

$$I_4 = -I_{22} = 4,69 \text{ (A)}$$

$$I_5 = I_{11} - I_{22} = 0,553 + 4,69 = 5,24 \text{ (A)}$$

$$I_6 = -I_{11} = -0,553 \text{ (A)}$$

7. Составим баланс мощностей:

$$E_1 I_1 + E_2 I_2 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6$$

$$E_1 I_1 + E_2 I_2 = 11,22 \cdot 140 + 11,77 \cdot 120 = 2983,2 \text{ (ВА)}$$

$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 =$$

$$= 11,22^2 \cdot 5 + 11,77^2 \cdot 4 + 6,53^2 \cdot 24 + 4,69^2 \cdot 20 + 5,24^2 \cdot 12 + 0,553^2 \cdot 18 =$$

$$= 2982,87 \text{ (ВА)}$$

Небольшая разница в полученных результатах является результатом погрешности при округлении числовых значений токов и сопротивлений.

8. Построим потенциальную диаграмму контура I_{33} (см. рис. 2, контур выбранный ранее в решении методом контурных токов). В качестве начальной точки примем узел 2

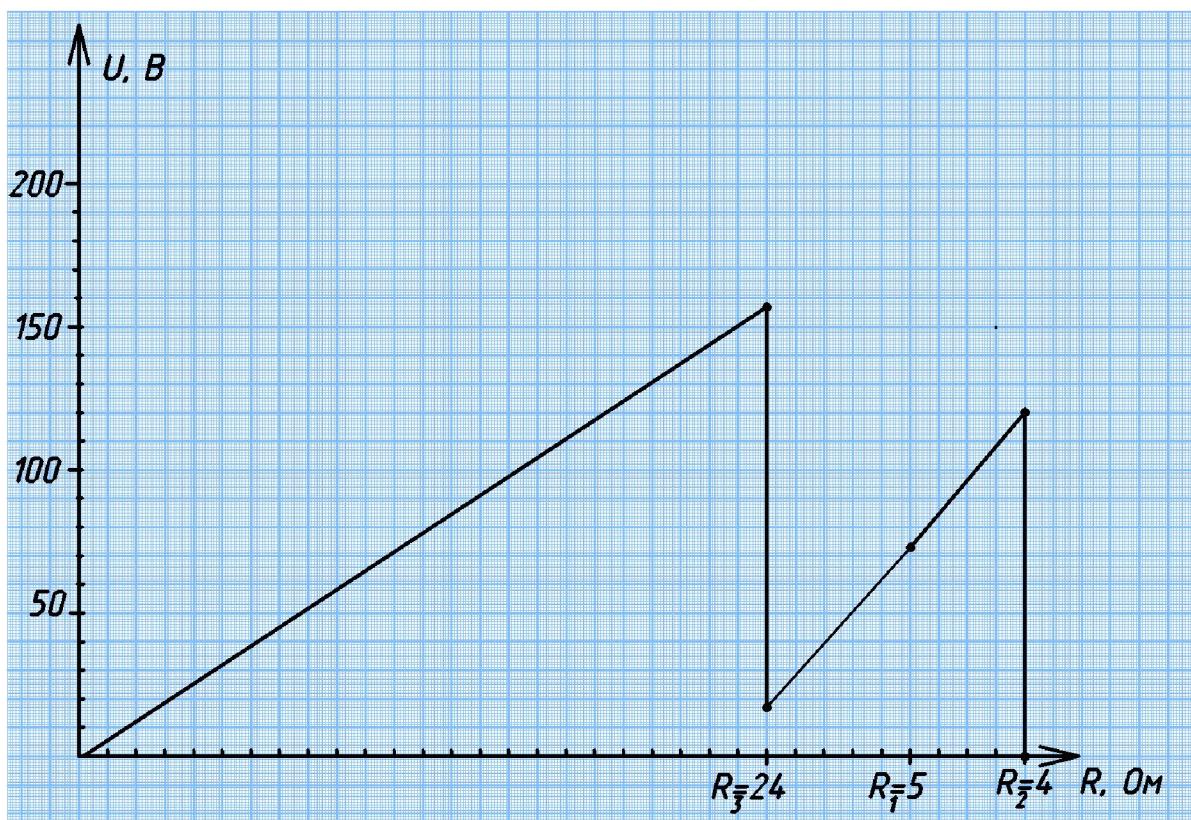


Рис. 3. Потенциальная диаграмма.