

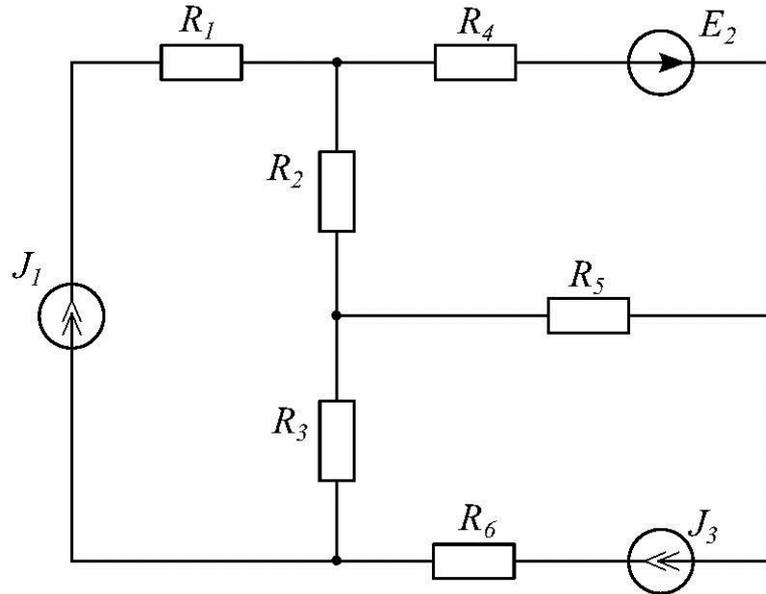
## mp3396.

Пример решения задачи по теоретическим основам электротехники.

Тема задания: Методы анализа сложных цепей.

Задано (вариант 6).

1. Схема цепи.



2. Параметры элементов цепи.

| № | $R_1$ ,<br>кОм | $R_2$ ,<br>кОм | $R_3$ ,<br>кОм | $R_4$ ,<br>кОм | $R_5$ ,<br>кОм | $R_6$ ,<br>кОм | $J_1$ ,<br>мА | $E_2$ ,<br>В | $J_3$ ,<br>мА | $R_H$ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------|
| 6 | 4              | 1              | 7              | 8              | 6              | 1              | $I = 4$       | $E = 3$      | $I = 6$       | $R_3$ |

Определить:

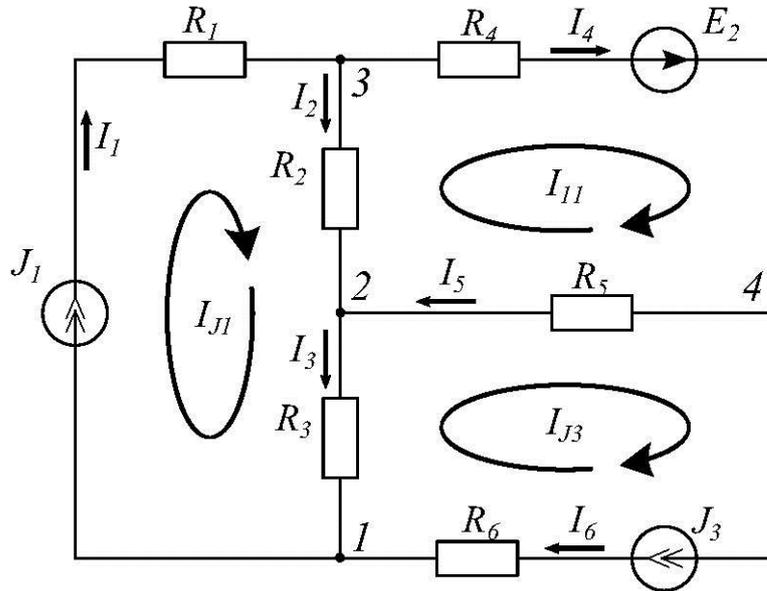
Токи, значения потенциалов узлов, параметры эквивалентных генераторов для нагрузки  $R_H$ .

### Решение.

1. Необходимо найти токи ветвей методом контурных токов.

Сначала изобразим на схеме условно выбранные направления токов ветвей.

Цепь содержит 4 узла ( $k$ ), 6 ветвей ( $l$ ) и два идеальных источника тока ( $m$ ). Для расчета цепи методом контурных токов потребуется составить  $l-k+1-m=1$  уравнение. Выбираем на схеме один замкнутый контур, не содержащий в своем составе ветви с источником тока. Далее обозначим в нем контурный ток, условно направляя его по часовой стрелке. Также обозначаем на схеме и направление контурных токов  $I_{J1}$  и  $I_{J3}$ .



Общий вид уравнения по методу контурных токов следующий:

$$I_{11} \cdot R_{11} - I_{J1} \cdot R_2 - I_{J3} \cdot R_5 = E_{11}.$$

Подсчитаем коэффициенты уравнений.

Собственное сопротивление контура:

$$R_{11} = R_2 + R_4 + R_5 = 1 + 8 + 6 = 15 \text{ (кОм)}.$$

Собственная ЭДС контура:

$$E_{11} = E_2 = 3 \text{ (В)}.$$

Тогда имеем:

$$I_{11} = \frac{I_{J1} \cdot R_2 + I_{J3} \cdot R_5 + E_{11}}{R_{11}} = \frac{4 \cdot 1 + 6 \cdot 6 + 3}{15} = 2,867 \text{ (мА)}.$$

Теперь находим токи в ветвях электрической цепи:

|                                     |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| $I_1 = I_{J1} = 4 \text{ (мА)}$     | $I_2 = I_{J1} - I_{11} = 1,133 \text{ (мА)}$  | $I_3 = I_{J1} - I_{J3} = -2 \text{ (мА)}$ |
| $I_4 = I_{11} = 2,867 \text{ (мА)}$ | $I_5 = I_{11} - I_{J3} = -3,133 \text{ (мА)}$ | $I_6 = I_{J3} = 6 \text{ (мА)}$           |

Отрицательные значения токов  $I_3$  и  $I_5$  говорят о том, что реально они направлены в сторону, противоположную принятой и указанной стрелками на схеме.

2. Найдем потенциалы узлов относительно базисного. Пронумеровав узлы на схеме (от 1 до 4), условно выберем в качестве базисного узел 1, приняв его потенциал за 0.

Найдем потенциалы остальных узлов, пользуясь законом Ома. При этом будем последовательно перемещаться от узла 1. Если движение будет происходить против направления

тока ветви, то потенциал будет повышаться, в противном случае – понижаться. Это касается только буквенных обозначений токов.

$$\varphi_1 = 0 \text{ В};$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + I_3 \cdot R_3 = 0 - 2 \cdot 7 = -14 \text{ (В)};$$

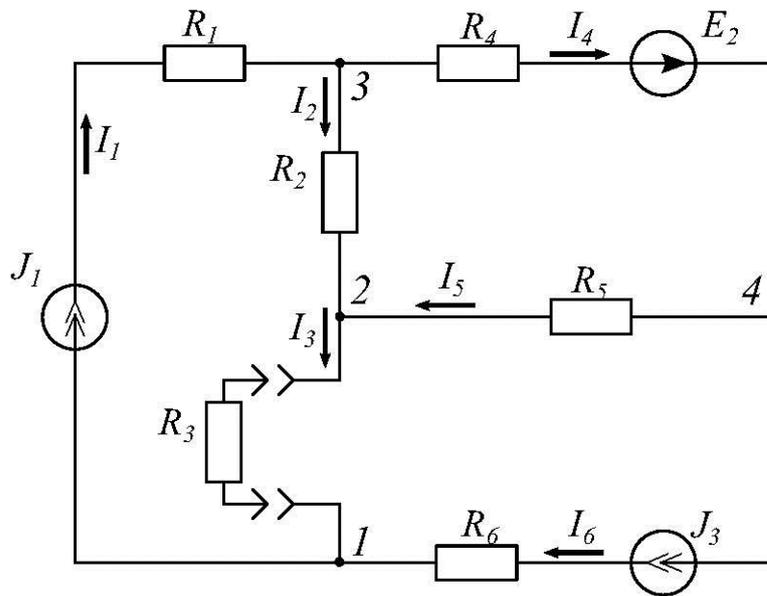
$$\varphi_3 = \varphi_2 + I_2 \cdot R_2 = -14 + 1,133 \cdot 1 = -12,9 \text{ (В)};$$

$$\varphi_4 = \varphi_2 + I_5 \cdot R_5 = -14 - 3,133 \cdot 6 = -32,8 \text{ (В)};$$

$$\varphi_4 = \varphi_3 - I_4 \cdot R_4 + E_2 = -12,9 - 2,867 \cdot 8 + 3 = -32,8 \text{ (В)} - \text{для проверки.}$$

3. Определим ток через заданный резистор  $R_3$ , пользуясь теоремой Нортон, которая говорит, что всю линейную электрическую цепь, к которой подключен этот резистор, можно представить одним источником тока и одним резистором, включенными параллельно.

Для этого изобразим схему с отключенным резистором  $R_3$ .



Преобразование в данном случае необходимо выполнить, определив ток короткого замыкания третьей ветви при наличии источников ЭДС или тока, и эквивалентное (входное) сопротивление схемы при замкнутых источниках ЭДС и разомкнутых источниках тока.

Ток в третьей ветви по заданию необходимо найти методом контурных токов, но в данном случае из-за наличия двух генераторов тока он просто определяется по первому закону Кирхгофа через токи в узле 1 (направление его выбираем такое же, как и у тока  $I_3$ ):

$$I_{кз} + I_{J3} - I_{J1} = 0;$$

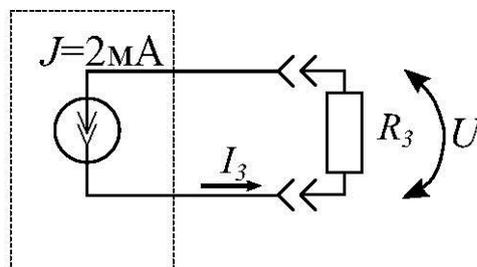
$$I_{кз} = I_{J1} - I_{J3} = 4 - 6 = -2 \text{ (мА)}.$$

Входное сопротивление со стороны третьей цепи вычислять также нет необходимости, так как при отключении источников тока узел 1 оказывается не подсоединенным ни к какой части цепи («висит в воздухе»), то есть сопротивление между узлами 1 и 2 равно бесконечности:

$$R_{эқв} = \infty.$$

Значит, сопротивление, параллельное генератору тока, в эквивалентном генераторе будет отсутствовать.

Получаем следующую схему замещения по теореме Нортон:



Выходит, что ток через резистор  $I_3 = I_j = I_{кз} = 2\text{мА}$ . Знак тока положительный, потому что мы изобразили направление тока и включили эквивалентный генератор в правильном направлении. Данное значение соответствует тому, которое было вычислено ранее методом контурных токов.

Напряжение на резисторе, по закону Ома, равно

$$U = I_3 \cdot R_3 = 2 \cdot 7 = 14 \text{ (В)}.$$

Это соответствует разности потенциалов между узлами 1 и 2 схемы, что было найдено выше (различие в знаке напряжения также обусловлено изменением изображения тока).

4. Так как заданный резистор  $R_3$  подключен одним концом к двум генераторам тока, что приводит к наличию бесконечного входного сопротивления электрической цепи, заменить эту цепь эквивалентным генератором ЭДС не представляется возможным.