

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ибрагимова Инзиля Фиркатовна

студент, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО К(П)ФУ, РФ, г. Набережные Челны

Гатина Алина Алмазовна

магистрант, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО К(П)ФУ, РФ, г. Набережные Челны

Закиев Ильнар Азгамович

студент, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО К(П)ФУ, РФ, г. Набережные Челны

Электрической цепью принято называть множество взаимосвязанных между собой элементов и устройств, которые образуют некоторый путь для направленного движения заряженных частиц – электрического тока. Основная задача электрической цепи – передача электрической энергии устройствам, для обеспечения их работоспособности. Все элементы электрической цепи можно разделить на три группы:

- Источники электрической энергии;
- Потребители электрической энергии;
- Вспомогательные элементы электрической цепи.

Любую электрическую цепь можно проанализировать, сделать расчеты. Для расчета цепи существуют множество методов. Проведем расчет электрической цепи, представленный на рисунке 1, по следующей схеме:

1. Составление уравнений Кирхгофа для цепи;
2. Определение токов ветвей методом контурных токов.

Исходные данные электрической цепи представлены в таблице 1.

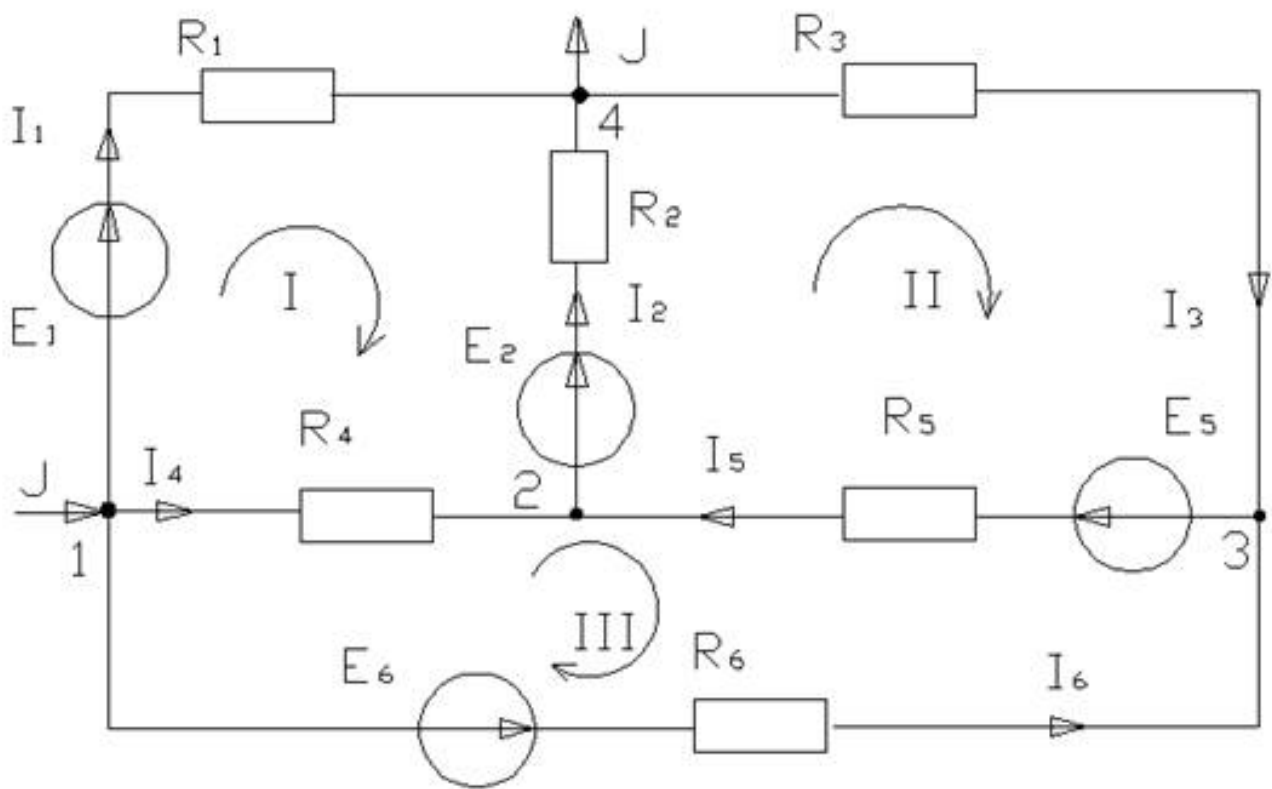


Рисунок 1. Схема электрической цепи

Таблица 1.

Параметры элементов электрической схемы

E_1	E_2	E_5	E_6	J	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
		B		A			$Ом$			
25	20	35	10	5	6	9	5	4	8	6

Составление уравнений Кирхгофа

Законы Кирхгофа являются самыми распространенными законами в электротехнике из-за своей универсальности. Законы Кирхгофа справедливы для линейных и нелинейных цепей при постоянных и переменных напряжениях и токах. Они предназначены для установления соотношения между токами и напряжениями в разветвленных электрических цепях произвольного типа.

Схема содержит семь ветвей $p = 7$, из которых одна ветвь с заданным током $p_i = 1$. Неизвестных токов шесть $(p - p_j) = 7 - 1 = 6$. Схема имеет четыре узла $q = 4$. Размечаем узлы, произвольно выбираем направления токов в ветвях и составляем три уравнения по первому закону Кирхгофа:

$$\begin{aligned} -I_1 + J - I_4 - I_6 &= 0 \\ -I_2 + I_4 + I_5 &= 0 \\ -I_5 + I_3 + I_6 &= 0 \end{aligned}$$

Составим три уравнения по второму закону Кирхгофа: $(p - p_j) - (q - 1) = 3$. Выбираем независимые контура, задаемся направлением их обхода. И записываем уравнения:

$$I \quad I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_4 R_4 = E_1 - E_2$$

$$II \quad I_2 R_2 + I_5 R_5 + I_3 R_3 = E_2 + E_5$$

$$III \quad -I_5 R_5 - I_6 R_6 + I_4 R_4 = -E_5 - E_6$$

Определение токов ветвей методом контурных токов

Метод контурных токов — метод расчёта электрических цепей, при котором за неизвестные принимаются токи в контурах, образованных некоторым условным делением электрической цепи.

Введем обозначения для неизвестных контурных токов: $I_{11}; I_{22}; I_{33}$, протекающих по выбранным контурам. Источник ток j заменяем на эквивалентный источник ЭДС

$$E'_1 = R_1 J = 6 \cdot 5 = 30B; \quad I' = I_1 - J$$

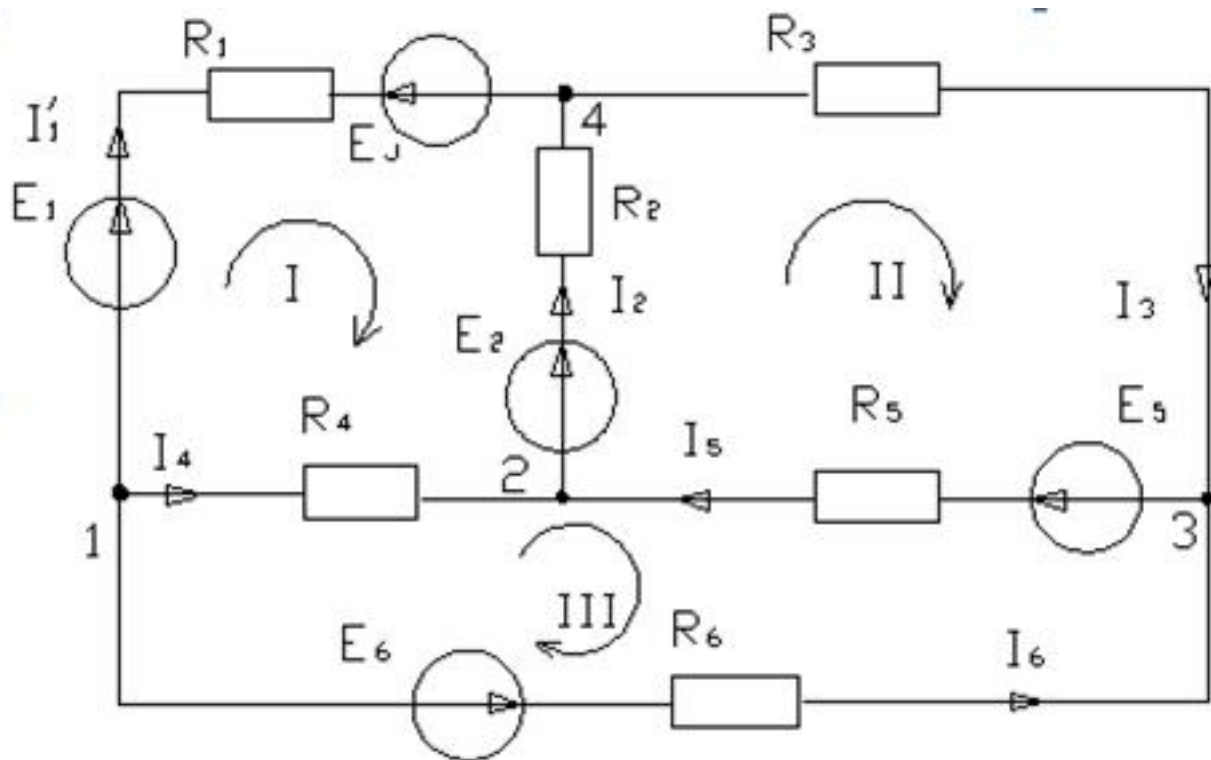


Рисунок 2. Схема электрической цепи для определения токов методом контурных токов

Запишем уравнения по второму закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + R_{13}I_{33} = E_{11} \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} + R_{23}I_{33} = E_{22} \\ R_{31}I_{11} + R_{32}I_{22} + R_{33}I_{33} = E_{33} \end{cases}$$

Для дальнейшего удобства запишем уравнения в матричной форме:

$$\begin{vmatrix} R_1 + R_2 + R_4 & -R_2 & -R_4 \\ -R_2 & R_2 + R_5 + R_3 & -R_5 \\ -R_4 & -R_5 & R_4 + R_5 + R_6 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} E_1 - E'_1 - E_2 \\ E_2 + E_5 \\ -E_5 - E_6 \end{vmatrix},$$

Подставляем известные значения:

$$\begin{vmatrix} 19 & -9 & -4 \\ -9 & 22 & -8 \\ -4 & -8 & 18 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -25 \\ 55 \\ -45 \end{vmatrix}$$

Решаем матричное уравнение методом Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 19 & -9 & -4 \\ -9 & 22 & -8 \\ -4 & -8 & 18 \end{vmatrix} = 3922 \text{ Ом}^3;$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -25 & -8 & -4 \\ 55 & 22 & -8 \\ -45 & -8 & 18 \end{vmatrix} = -4830 \text{ В} \cdot \text{Ом}^2;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 19 & -25 & -4 \\ -9 & 55 & -8 \\ -4 & -45 & 18 \end{vmatrix} = 4620 \text{ В} \cdot \text{Ом}^2;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 19 & -9 & -25 \\ -9 & 22 & 55 \\ -4 & -8 & -45 \end{vmatrix} = -8825 \text{ В} \cdot \text{Ом}^2;$$

Получаем следующее:

$$I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-4830}{3922} = -1,232 \text{ A};$$

$$I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{4620}{3922} = 1,178 \text{ A};$$

$$I_{33} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-8825}{3922} = -2,25 \text{ A}.$$

Таким образом, получим следующие токи ветвей методом контурных токов для рассматриваемой электрической цепи:

$$I'_1 = I_{11} = -1,232 \text{ A};$$

$$I_2 = I_{22} - I_{11} = 1,178 + 1,232 = 2,41 \text{ A};$$

$$I_3 = I_{22} = 1,178 \text{ A};$$

$$I_4 = -I_{11} + I_{33} = 1,232 - 2,25 = -1,018 \text{ A};$$

$$I_5 = I_{22} - I_{33} = 1,178 + 2,25 = 3,428 \text{ A};$$

$$I_6 = -I_{33} = 2,25 \text{ A}.$$

$$I_1 = I'_1 + J = -1,232 + 5 = 3,768 \text{ A}.$$

Список литературы:

1. Электрические цепи постоянного тока и методы их расчета [Электронный ресурс] – URL: <http://model.exponenta.ru/electro/0022.htm> (дата обращения: 03.07.2018).