

Тема 3. Применение метода наложения к расчету электрических цепей с двумя и более источниками энергии

Если цепь содержит несколько источников энергии, то для расчета цепи можно применить метод наложения, использующий принцип независимости действия источников. Использование метода наложения дает возможность заменить вычисления сложных цепей несколькими относительно простыми цепями, в каждой из которых действует один источник энергии.

Задача 3.1

Методом наложения определить токи во всех ветвях цепи, схема которой приведена на рис. 3.1, если задано $E_1 = 16$ В, $E_2 = 24$ В, $R_1 = 25$ Ом, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 18$ Ом.

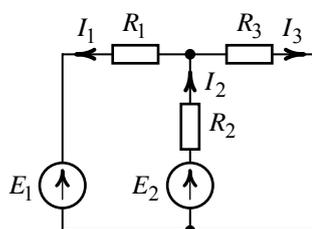


Рис. 3.1

Решение

1. Произвольно выбираем положительные направления токов в ветвях цепи (рис. 3.1). Определяем частичные токи от действия каждого источника в отдельности.

2. Частичные токи I_1^I , I_2^I и I_3^I от действия источника $E_1 = 16$ В, при $E_2 = 0$ (рис. 3.2):

$$I_1^I = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{16}{25 + \frac{12 \cdot 18}{12 + 18}} = 0,497 \text{ А},$$

$$I_2^I = I_1^I \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 0,497 \frac{18}{12 + 18} = 0,298 \text{ А},$$

$$I_3^I = I_1^I \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 0,497 \frac{12}{12 + 18} = 0,199 \text{ А}.$$

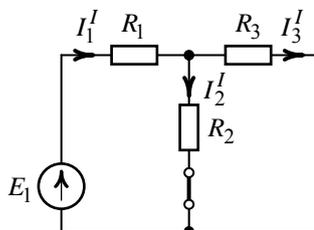


Рис. 3.2

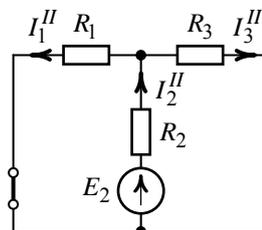


Рис. 3.3

3. Частичные токи I_1^{II} , I_2^{II} и I_3^{II} от действия источника $E_2 = 24$ В, при $E_1 = 0$ (рис. 3.3).

$$I_2^{II} = \frac{E_2}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} = \frac{24}{12 + \frac{25 \cdot 18}{25 + 18}} = 1,068 \text{ A},$$

$$I_1^{II} = I_2^{II} \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 1,068 \frac{18}{25 + 18} = 0,447 \text{ A},$$

$$I_3^{II} = I_2^{II} \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 1,068 \frac{25}{25 + 18} = 0,621 \text{ A}.$$

4. Токи от действия обоих источников в исходной схеме (рис. 3.1) определяются как алгебраическая сумма частичных токов от действия каждого источника в отдельности (см. рис. 3.2 и 3.3):

$$I_1 = -I_1^I + I_1^{II} = -0,497 + 0,447 = -0,05 \text{ A};$$

$$I_2 = -I_2^I + I_2^{II} = -0,298 + 1,068 = 0,77 \text{ A};$$

$$I_3 = I_3^I + I_3^{II} = 0,199 + 0,621 = 0,82 \text{ A}.$$

Примечание. Частичный ток, совпадающий по направлению с искомым (рис. 3.1), считается положительным, а несовпадающий – отрицательным. Отрицательное значение тока I_1 указывает на то, что направление тока противоположно указанному на рис. 3.1.

Задача 3.2

Используя метод наложения, определить токи во всех ветвях цепи, рис. 3.4, если задано $E = 50 \text{ В}$, $I_k = 1 \text{ А}$, $R_1 = 40 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 60 \text{ Ом}$, $R_4 = 30 \text{ Ом}$.

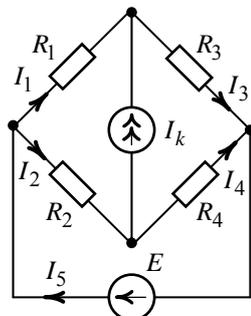


Рис. 3.4

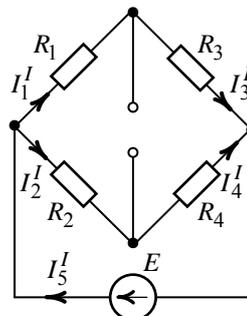


Рис. 3.5

Решение

1. Принимаем за положительные направления токов в ветвях цепи направления, указанные на рис. 3.4.

2. Определяем частичные токи $I_1^I - I_5^I$ от действия источника ЭДС $E = 50 \text{ В}$, при $I_k = 0$ (рис. 3.5):

$$I_1^I = I_3^I = \frac{E}{R_1 + R_3} = \frac{50}{40 + 60} = 0,5 \text{ А};$$

$$I_2^I = I_4^I = \frac{E}{R_2 + R_4} = \frac{50}{20 + 30} = 1 \text{ A};$$

$$I_5^I = I_1^I + I_2^I = I_3^I + I_4^I = 0,5 + 1 = 1,5 \text{ A}.$$

3. Определяем частичные токи $I_1^{II} - I_5^{II}$ от действия источника тока $I_k = 0,5 \text{ A}$, при $E = 0$ (рис. 3.6). Приведем схему (рис. 3.6) к более удобному для расчета виду (рис. 3.7).

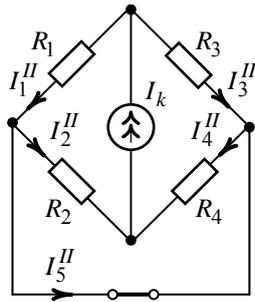


Рис. 3.6

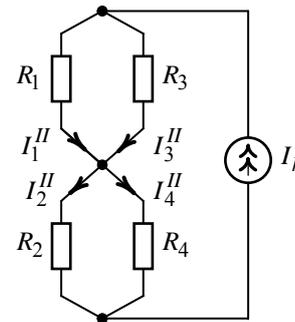


Рис. 3.7

$$I_1^{II} = I_k \frac{R_3}{(R_1 + R_3)} = 0,5 \frac{60}{(40 + 60)} = 0,3 \text{ A};$$

$$I_3^{II} = I_k - I_1^{II} = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ A};$$

$$I_2^{II} = I_k \frac{R_4}{(R_2 + R_4)} = 0,5 \frac{30}{(20 + 30)} = 0,3 \text{ A};$$

$$I_4^{II} = I_k - I_2^{II} = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ A};$$

$$I_5^{II} = I_1^{II} - I_2^{II} = 0,3 - 0,3 = 0 \text{ A}.$$

4. Токи в исходной схеме (рис. 3.4) от действия обоих источников определим, как алгебраическую сумму частичных токов (см. рис. 3.5 и 3.6)

$$I_1 = I_1^I - I_1^{II} = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ A};$$

$$I_2 = I_2^I + I_2^{II} = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ A};$$

$$I_3 = I_3^I + I_3^{II} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ A};$$

$$I_4 = I_4^I - I_4^{II} = 1 - 0,2 = 0,8 \text{ A};$$

$$I_5 = I_5^I - I_5^{II} = 1,5 - 0 = 1,5 \text{ A}.$$