

Рис. 11

После этого ток в ветви E_h , R_h определяемся по формуле

$$I_h = \frac{E_0 - E_h}{R_0 + R_h}.$$

Ток I_6 в схеме на рис. 11 можно найти, рассчитав цепь без ветви R_6 , например, методом узловых потенциалов. Напряжение U_{bd} равно ЭДС E_0 . Внутреннее сопротивление R_0 определяемся как сопротивление между точками b и d после удаления ЭДС E_1 и E_2 (рис. 11б). Мостовая схема на рис. 12б, которая преобразованием треугольника в звезду превращается в схему рис. 12б и в результате дальнейшего преобразования приводится к одному сопротивлению R_0 .

Балансом мощностей называется равенство суммарной мощности, генерируемой источниками ЭДС и тока, и суммарной мощности, потребляемой всеми резисторами, включая внутреннее сопротивление источников. Например, для схемы на рис. 1.10 должно выполняться равенство

$$E_1 I_1 - E_2 I_2 = R_{01} I_1^2 + R_{02} I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 + R_5 I_5^2 + R_6 I_6^2.$$

Методические указания к изучению раздела I

При изучении линейной электрической цепи следует учесть, что постоянный ток является частным случаем переменного тока (ток с нулевой частотой является постоянным). Принимая во внимание, что расчет цепи постоянного тока много проще, целесообразно осваивать методики расчета электрической цепи на примере цепи постоянного тока.

Каждый рассматриваемый метод имеет преимущества и недостатки. При выборе пути решения поставленной задачи необходимо учитывать особенности схемы и подбор метода осуществлять с учетом этих особенностей. Так метод преобразования целесообразно применять для схем с единственным источником электрической энергии. Метод контурных токов применяют для сложных многоконтурных схем, в составе которых более одного источника. Для схем с большим количеством ветвей и меньшим количеством узлов рационально использовать метод узловых напряжений. Метод эквивалентного генератора удобен при установлении зависимости между различными параметрами на различных участках цепи. При необходимости рассчитать ток одного участка цепи можно применить метод наложения. Другими словами к решению задачи необходимо подходит творчески.

Примеры решения задач

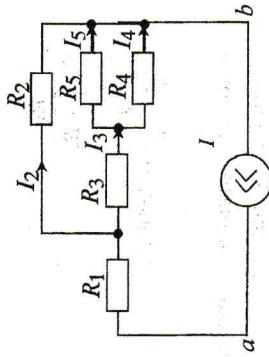


Рис. 12

Ток ветви I_6 определяется по формуле $I_6 = \frac{E_0}{R_0 + R_6}$.

Рис. 13

Задача 1. Рассмотрим электрическую цепь, изображенную на рис. 13. К источнику тока $I = 0,1$ А подключены резисторы с сопротивлениями

$R_1 = 12$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 16$ Ом, $R_4 = 40$ Ом, $R_5 = 60$ Ом. Определить эквивалентное сопротивление цепи (входное сопротивление относительно зажимов источника питания), напряжение U_{ab} источника тока и все токи.

Составить баланс мощностей.

Решение. Задача решается методом свертывания схемы.

Найдем входное сопротивление R_{ab} схемы относительно зажимов источника тока :

$$R_{ab} = R_1 + \frac{R_2 \left(R_3 + \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} \right)}{R_2 + R_3 + \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5}} = 12 + \frac{10 \left(16 + \frac{40 \cdot 60}{40 + 60} \right)}{10 + 160 \frac{40 \cdot 60}{40 + 60}} = 20 \text{ Ом.}$$

Найдем напряжение на зажимах источника U_{ab} :

$$U_{ab} = R_{ab} I = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ В.}$$

По закону Ома находим ток I_2 :

$$I_2 = \frac{U_{ab} - R_1 I}{R_2} = \frac{2 - 0,1 \cdot 12}{10} = 0,08 \text{ А.}$$

Ток I_3 определяем из уравнения первого закона Кирхгофа:

$$I_3 = I - I_2 = 0,1 - 0,08 = 0,012 \text{ А.}$$

Этот ток распределяется обратно пропорционально сопротивлениям R_4 и R_5 :

$$I_4 = I_3 \frac{R_5}{R_4 + R_5} = 0,012 \text{ А;}$$

$$I_5 = I_3 \frac{R_4}{R_4 + R_5} = 0,008 \text{ А.}$$

Уравнение баланса мощностей отражает равенство мощностей, отдываемой источником и расходуемой приемником, т.е.

$$U_{ab} I = R_1 I^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 + R_5 I_5^2$$

$$2 \cdot 0,1 = 12 \cdot 0,1^2 + 10 \cdot 0,08^2 + 16 \cdot 0,02^2 + 40 \cdot 0,012^2 + 60 \cdot 0,008^2$$

$$0,2 \text{ Вт} = 0,2 \text{ Вт}$$

$$P_n = P_n \text{ Вт.}$$

Задача 2. Определить токи и составить баланс мощностей для схемы на рис. 1.15, рассчитать ток в ветви ab методом эквивалентного генератора и напряжение между точками a и b для исходной схемы. Дано: $E_1 = 42$ В, $E_2 = 24$ В, $R_1 = R_2 = 2$ Ом, $R_3 = R_4 = 4$ Ом, $R_5 = R_6 = 6$ Ом.

Решение. Схема содержит шесть ветвей ($n = 6$)

и четыре узла ($n = 4$). Число уравнений составляемых по методу контурных токов, равно $m - (n - 1) = 3$.

Зададим произвольное направление контурных токов I_{k1} , I_{k2} , I_{k3} , как показано на рис. 14. Составим систему уравнений методом контурных токов

$$(R_1 + R_4 + R_6)I_{k1} + R_4 I_{k2} - R_6 I_{k3} = E_1$$

$$R_4 I_{k1} + (R_2 + R_3 + R_4)I_{k2} - R_2 I_{k3} = -E_2$$

$$-R_6 I_{k1} - R_2 I_{k2} + (R_2 + R_3 + R_6)I_{k3} = E_2$$

Рис. 14

Подставляя численные значения и решая эти уравнения, найдем контурные токи: $I_{k1} = 6$ А, $I_{k2} = 3,529$ А, $I_{k3} = 0,882$ А, $I_{k2} = 4,412$ А.

Искомые токи будут равны:

$$I_1 = I_{k1} = 6 \text{ А}, I_2 = I_{k3} - I_{k2} = 3,529 \text{ А}, I_3 = I_{k2} = 0,882 \text{ А},$$

$$I_4 = I_{k1} - I_{k2} = 5,118 \text{ А}, I_5 = I_{k3} = 4,412 \text{ А}, I_6 = I_{k1} - I_{k3} = 1,588 \text{ А.}$$

Составляем баланс мощностей:

$$P_n = E_1 I_1 + E_2 I_2 = 336,7 \text{ Вт}$$

$$P_n = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 + R_5 I_5^2 + R_6 I_6^2 = 336,7 \text{ Вт}$$

$$P_n = P_n = 336,7 \text{ Вт.}$$