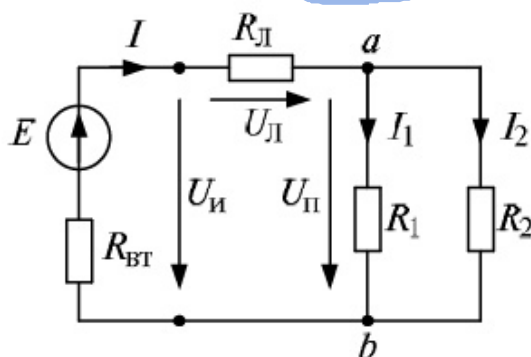


10 Второй закон Кирхгофа

Второй закон Кирхгофа применяется к контурам электрической цепи и формулируется следующим образом: в любом контуре алгебраическая сумма напряжений на всех элементах и участках электрической цепи, входящих в этот контур, равна нулю:

$$\sum U = 0.$$



б

Рис. 3.8. Разветвленная электрическая цепь:

б – расчетная схема замещения

Например, обойдем левый контур в схеме (см. рис. 3.8, б) по часовой стрелке и запишем напряжения, направленные по обходу контура со знаком «+», а направленные против обхода – со знаком «-»:

$$U_{\text{л}} + U_{\text{п}} - U_{\text{и}} = 0. \quad (4.3)$$

Учтем, что по закону Ома напряжение на сопротивлении линии

$$U_{\text{л}} = IR_{\text{л}}, \quad (4.4)$$

напряжение на приемнике

$$U_{\text{п}} = I_1 R_1, \quad (4.5)$$

а напряжение на источнике в соответствии с формулой (3.9)

$$U_{\text{и}} = E - IR_{\text{вт}}. \quad (4.6)$$

Подставим значения напряжений (4.4)–(4.6) в уравнение (4.3):

$$IR_{\text{л}} + I_1 R_1 - E + IR_{\text{вт}} = 0. \quad (4.7)$$

Перепишем выражение (4.7) в следующем виде:

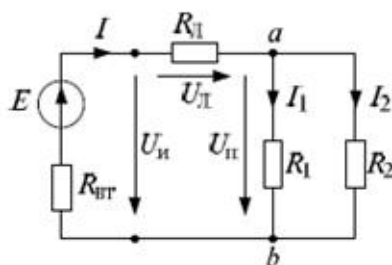
$$IR_{\text{л}} + I_1 R_1 + IR_{\text{вт}} = E. \quad (4.8)$$

Уравнение (4.8) позволяет дать другую формулировку *второго закона Кирхгофа*: *в контуре электрической цепи алгебраическая сумма падений напряжения в пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС этого контура*:

$$\sum IR = \sum E.$$

При составлении уравнений по второму закону Кирхгофа должны быть выбраны или заданы положительные направления токов I и ЭДС E источников энергии во всех ветвях и направление обхода контура. Необходимо соблюдать следующее **правило знаков** для падений напряжения и ЭДС, входящих в уравнение: ЭДС и напряжения, направления которых совпадают с направлением обхода контура, считаются положительными. Направление напряжения на резисторе совпадает с направлением тока в резисторе.

В качестве примера составим уравнение по второму закону Кирхгофа для правого контура схемы (см. рис. 3.8, б), обходя его по часовой стрелке:



$$I_2 R_2 - I_1 R_1 = 0. \quad (4.9)$$

В этом контуре отсутствует ЭДС, поэтому в правой части уравнения (4.9) стоит 0. При обходе контура по часовой стрелке напряжение $I_2 R_2$ совпало с обходом контура, а напряжение $I_1 R_1$ противоположно обходу контура.

Для лучшего усвоения правил составления уравнений по законам Кирхгофа рассмотрим схему сложной электрической цепи (рис. 4.1). В этой цепи несколько ЭДС, находящихся в разных ветвях, поэтому направления токов в ветвях указаны произвольно.

Направление обхода контуров показано по часовой стрелке. В схеме цепи всего два узла и три ветви. В каждой ветви идет свой ток.

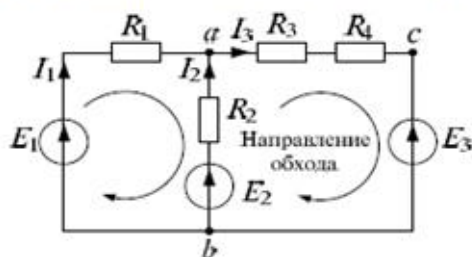


Рис. 4.1. Схема сложной электрической цепи для иллюстрации законов Кирхгофа

Уравнение по первому закону Кирхгофа для узла a :

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0;$$

для узла b :

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0.$$

Уравнение по второму закону Кирхгофа для левого контура, образованного двумя ветвями с элементами E_1 , R_1 и E_2 , R_2 :

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 - E_2.$$

Уравнение для правого контура, образованного двумя ветвями с элементами E_2 , R_2 и E_3 , R_3 , R_4 :

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_3 R_4 = E_2 - E_3.$$

Следует отметить, что уравнение по второму закону Кирхгофа можно записать и для контура, который проходит от одного узла к другому или от одной точки цепи к другой по окружающему участку электрической цепи пространству. Например, если необходимо определить напряжение между узлами a и b (см. рис. 4.1), составим уравнение по контуру, образованному ветвью E_1 , R_1 и пространством между точками a и b , представив его напряжением U_{ab} , т. е.

$$I_1 R_1 + U_{ab} = E_1,$$

откуда

$$U_{ab} = E_1 - I_1 R_1.$$

Таким образом можно определить напряжение между любыми точками электрической цепи.

Допустим, необходимо определить напряжение между точками b и c (см. рис. 4.1). Уравнение по второму закону Кирхгофа имеет вид

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_3 R_4 - U_{bc} = E_2.$$

Следовательно,

$$U_{bc} = I_2 R_2 + I_3 (R_3 + R_4) - E_2.$$

С другой стороны,

$$U_{bc} = -E_3.$$