

Тема 2.2. Законы постоянного тока (3-е занятие)

1. Электрические цепи с последовательным и параллельным соединением проводников.
2. Законы Кирхгофа для разветвленной цепи.
3. Решение задач.

1. Потребители тока, измерительные приборы и другие могут быть соединены и последовательно, и параллельно.

А) Рассмотрим последовательное соединение проводников, сопротивления которых равны R_1, R_2, R_3 соответственно (рис. 1). Расчет токов, напряжений и сопротивлений проводят по следующим правилам:

- Сила тока во всех участках цепи одинакова: $I = I_1 = I_2 = I_3$.
- Напряжение на внешней цепи равно сумме напряжений на отдельных участках цепи:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$
- Сопротивление всей цепи равно сумме сопротивлений отдельных участков цепи:

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 + R_3.$$

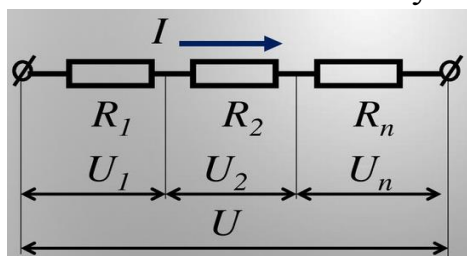


Рис. 1

Б) Рассмотрим параллельное соединение проводников, сопротивления которых равны R_1, R_2, R_3 соответственно (рис. 2). Параллельно соединенные проводники составляют разветвление и каждый из них называется ветвью. Расчет токов, напряжений и сопротивлений проводят по следующим правилам:

- Напряжения на отдельных ветвях и на всем разветвлении одинаковы:

$$U = U_1 = U_2 = U_3.$$
- Ток до и после разветвления равен сумме токов в отдельных ветвях:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$
- Обратное значение сопротивления всего разветвления равно сумме обратных значений сопротивлений отдельных ветвей:

$$1/R_{\text{пар}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3.$$

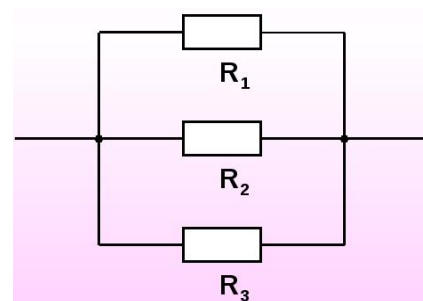


Рис. 2

2. Точка разветвления цепи, в которой количество токов три и более, называется **узлом** (рис. 3). При этом ток, входящий в узел, считается положительным, а ток, выходящий из узла отрицательным. Для расчета разветвленной цепи применяются законы (правила) Кирхгофа.

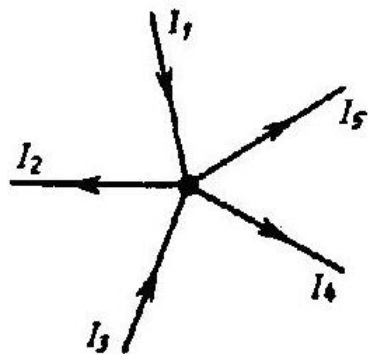


Рис. 3

А) Первый закон Кирхгофа применяют к узлам цепи и выражают баланс токов в них. Первый закон Кирхгофа гласит так: *алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю.*

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0.$$

Для данной схемы:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0 \text{ или } I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5.$$

Отсюда первый закон Кирхгофа можно еще сформулировать так: *в узле сумма входящих токов и сумма выходящих токов равны.*

Б) Второй закон Кирхгофа применяется к контурам электрической цепи и выражает баланс напряжений в них. Второй закон Кирхгофа гласит так: *Алгебраическая сумма ЭДС в замкнутом контуре равна алгебраической сумме падений напряжений на всех сопротивлениях этого контура.*

Чтобы правильно составить уравнения по второму закону Кирхгофа нужно знать следующие правила: *ЭДС берется со знаком «+», если ее действие совпадает с направлением обхода контура. Напряжение на элементе контура берется со знаком «+», если направление тока через данный элемент совпадает с направлением обхода контура, если не совпадает, то берется со знаком «-».*

Рассмотрим сложную электрическую цепь, состоящую из нескольких источников и резисторов (рис. 4).

Введем произвольно направление токов в ветвях, а также укажем на схеме в виде круговых стрелок направление обхода контуров. Здесь видно, что количество ветвей три и поэтому составляется три уравнения по законам Кирхгофа:

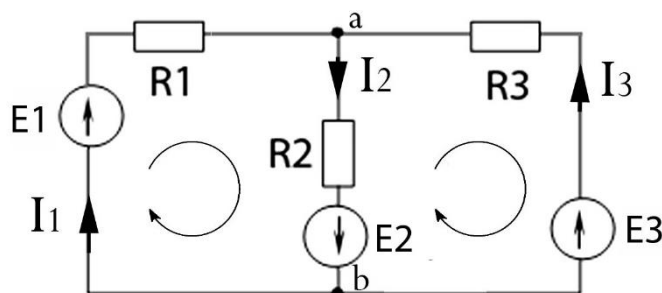


Рис. 4

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \quad (1); \quad I_1 R_1 + I_2 R_2 = E_1 + E_2 \quad (2); \quad -I_2 R_2 - I_3 R_3 = -E_2 - E_3 \quad (3).$$

Неизвестными в данной системе являются токи I_1 , I_2 и I_3 . Решая данную систему, находят эти неизвестные.

3. Рассмотрим примеры на соединение проводников.

Пример 1. Проводники, сопротивления которых равны 10 Ом, 5 Ом и 12 Ом соединены последовательно, затем параллельно. Найти сопротивление цепи.

Дано: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$.

Найти: $R_{\text{посл}}$ – сопротивление всей цепи при последовательном соединении;

$R_{\text{пар}}$ – сопротивление всей цепи при параллельном соединении.

Решение. а) $R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 + R_3$; $R_{\text{посл}} = 10 + 5 + 12 = 27 \text{ (Ом)}$.

$$\text{б) } 1/R_{\text{пар}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3; \quad 1/R_{\text{пар}} = (R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2) / R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$$

$$R_{\text{пар}} = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 / (R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2).$$

$$R_{\text{пар}} = 10 \cdot 5 \cdot 12 / (5 \cdot 12 + 10 \cdot 12 + 10 \cdot 5) = 600 / (60 + 120 + 50) = 600 / 230 = 2,61 \text{ (Ом)}.$$

Ответ: а) $R_{\text{посл}} = 27 \text{ Ом}$; б) $R_{\text{пар}} = 2,61 \text{ Ом}$.

Домашнее задание.

Проводники, сопротивления которых равны 8 Ом, 10 Ом и 15 Ом, соединены смешанно (рис. 5). Определить сопротивление цепи.

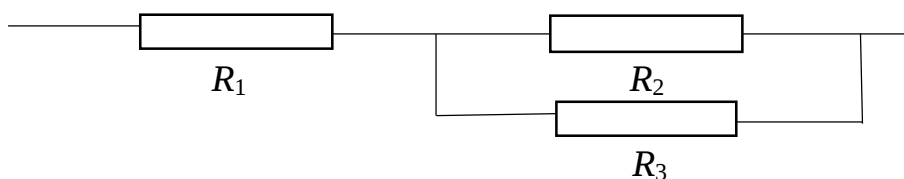


Рис. 5