

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

Институт

Электрификация горно-металлургического производства  
кафедра

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

«ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПАССИВНЫМИ  
ЭЛЕМЕНТАМИ»

наименование темы

Канд. тех. наук, доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Р.А. Майнагашев

инициалы, фамилия

Студент ГГ21-12

номер группы

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Титов И.А.

инициалы, фамилия

Красноярск 2023

**Цель работы:** Изучить законы Кирхгофа, закон Ома. Рассмотреть последовательное, параллельное и смешанное соединение токоприёмников, исследовать распределение токов, напряжений и мощностей в каждой цепи.

### **Теоретические сведения:**

#### **Первый закон Кирхгофа.**

Законы Кирхгофа применяются для определения токов в ветвях линейных и нелинейных схем при любом законе изменения во времени токов и напряжений.

Первый закон Кирхгофа выражает закон сохранения количества электричества (движение зарядов в цепи происходит так, что ни в одном из узлов они не скапливаются).

Применяется первый закон к узлам электрической схемы и формулируется так: Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в любом узле электрической схемы, равна нулю.

$$\sum_{k=0}^n I_k \quad (1.1)$$

#### **Второй закон Кирхгофа.**

Алгебраическая сумма ЭДС, действующая в замкнутом контуре, равна алгебраической сумме падений напряжения в этом контуре.

$$\sum_{l=0}^n E_l = \sum_{k=1}^m L_k R_k \quad (1.2)$$

#### **Закон Ома.**

Закон Ома – эмпирический физический закон, определяющий связь электродвижущей силы источника (или электрического напряжения) с силой тока, протекающего в проводнике, и сопротивлением проводника.

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1.3)$$

где  $I$  – ток, протекающий по цепи, измеряется в амперах;  $U$  напряжение, приложенное к цепи, измеряется в вольтах;  $R$  – сопротивление, измеряется в омах

**Порядок выполнения работы.**

**Часть 1. Последовательное соединение приёмников.**

1. Соберите цепь по схеме.

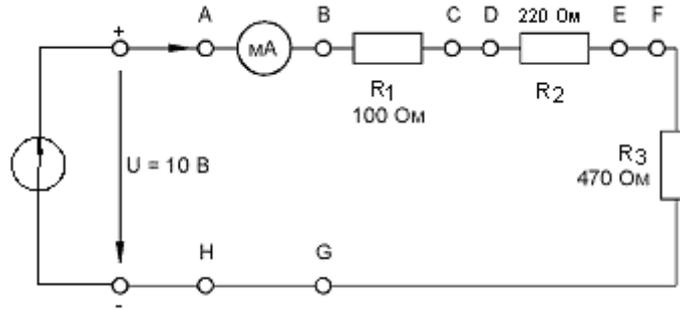


Рисунок 1 – Последовательное соединение приёмников

2. Установите напряжение на входе  $U = 10 \text{ В}$ ; сопротивления  $R_1 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 220 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 470 \text{ Ом}$ . Проведите измерение тока. Заполните таблицу.

Таблица 1 – Установленные, измеренные и вычисленные величины

| Установлено      |                  |                  | Измерено      |               | Вычислено       |
|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------------|
| $R_1, \text{Ом}$ | $R_2, \text{Ом}$ | $R_3, \text{Ом}$ | $U, \text{В}$ | $I, \text{А}$ | $U_1, \text{В}$ |
| 100              | 220              | 470              | 10            | 0,0126        | 1,26            |

Продолжение таблицы 1

| Вычислено       |                 |                  |                |                  |                  |                  |                     |                    |
|-----------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| $U_2, \text{В}$ | $U_3, \text{В}$ | $R_3, \text{Ом}$ | $P, \text{Вт}$ | $P_1, \text{Вт}$ | $P_2, \text{Вт}$ | $P_3, \text{Вт}$ | $\sum P, \text{Вт}$ | $\sum U, \text{В}$ |
| 2,77            | 5,92            | 790              | 0,126          | 0,016            | 0,035            | 0,074            | 0,125               | 9,95               |

Из формулы (1.3) находим напряжение:  $U = I \cdot R$

$$U_1 = 0,0126 \cdot 100 = 1,26 \text{ В}$$

$$U_2 = 0,0126 \cdot 220 = 2,77 \text{ В}$$

$$U_3 = 0,0126 \cdot 470 = 5,92 \text{ В}$$

Эквивалентное сопротивление для последовательного соединения:

$$R_3 = R_1 + R_2 + R_3 \tag{1.4}$$

$$R_3 = 100 + 220 + 470 = 790 \text{ Ом}$$

Мощность:

$$P = U \cdot I \tag{1.5}$$

$$P = 10 \cdot 0,0126 = 0,126 \text{ Вт}$$

$$P_1 = 1,26 \cdot 0,0126 = 0,016 \text{ Вт}$$

$$P_2 = 2,77 \cdot 0,0126 = 0,035 \text{ Вт}$$

$$P_3 = 5,92 \cdot 0,0126 = 0,074 \text{ Вт}$$

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 = 0,016 + 0,035 + 0,074 = 0,125 \text{ Вт}$$

$$\sum U = U_1 + U_2 + U_3 = 1,26 + 2,77 + 5,92 = 9,95 \text{ В}$$

**Часть 2. Параллельное соединение приёмников.**

1. Соберите цепь по схеме

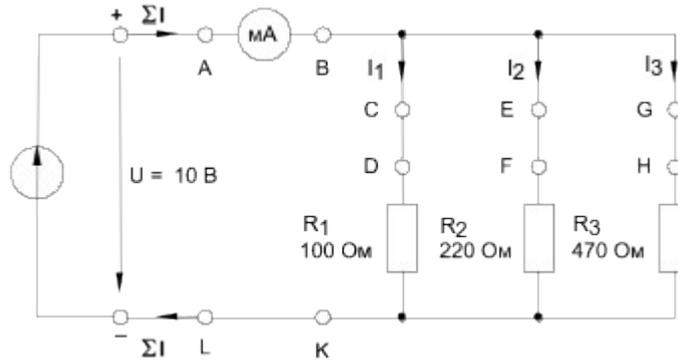


Рисунок 2 – Параллельное соединение приёмников

2. Установите напряжение на входе  $U = 10 \text{ В}$ ; сопротивление  $R_1 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 220 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 470 \text{ Ом}$ . Проведите измерение общего тока. Заполните таблицу.

Таблица 2 – Установленные, измеренные и вычисленные величины

| Установлено      |                  |                  | Измерено      |               |                 |
|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------------|
| $R_1, \text{Ом}$ | $R_2, \text{Ом}$ | $R_3, \text{Ом}$ | $U, \text{В}$ | $I, \text{А}$ | $I_1, \text{А}$ |
| 100              | 220              | 470              | 10            | 0,164         | 0,1             |

Продолжение таблицы 2

| Вычислено       |                 |                         |                  |                |                  |                  |                  |                     |
|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| $I_2, \text{А}$ | $I_3, \text{А}$ | $I_1+I_2+I_3, \text{А}$ | $R_3, \text{Ом}$ | $P, \text{Вт}$ | $P_1, \text{Вт}$ | $P_2, \text{Вт}$ | $P_3, \text{Вт}$ | $\sum P, \text{Вт}$ |
| 0,045           | 0,021           | 0,166                   | 59,98            | 1,64           | 1                | 0,45             | 0,21             | 1,66                |

По формуле (1.3) найдем силу тока:  $I = U/R$

$$I_1 = 10/100 = 0,1 \text{ А}$$

$$I_2 = 10/220 = 0,045 \text{ А}$$

$$I_3 = 10/470 = 0,021 \text{ А}$$

$$\sum I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,1 + 0,045 + 0,021 = 0,166 \text{ А}$$

Эквивалентное сопротивление для параллельного соединения:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \quad (1.6)$$

Тогда:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{220} + \frac{1}{470}$$

$$R_3 = 59,98 \text{ Ом}$$

Из формулы  $P = U \cdot I$  находим мощность:  $P = 10 \cdot 0,164 = 1,64 \text{ Вт}$

$$P_1 = 10 \cdot 0,1 = 1 \text{ Вт}$$

$$P_2 = 10 \cdot 0,045 = 0,45 \text{ Вт}$$

$$P_3 = 10 \cdot 0,021 = 0,21 \text{ Вт}$$

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 = 1 + 0,45 + 0,21 = 1,66 \text{ Вт}$$

### Часть 3. Смешанное соединение приёмников.

1. Соберите цепь по схеме.

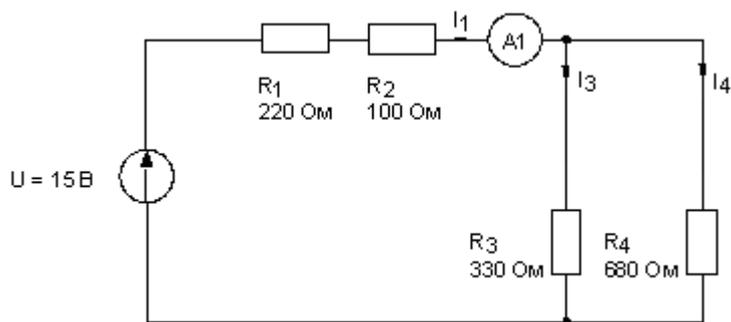


Рисунок 3 – Смешанное соединение приёмников

2. Установите напряжение на входе  $U = 15$  В; сопротивления  $R_1 = 220$  Ом,  $R_2 = 100$  Ом,  $R_3 = 330$  Ом,  $R_4 = 680$  Ом. Проведите измерение тока  $I_1$ . Заполните таблицу.

Таблица 3 – Установленные, измеренные и вычисленные величины

| Установлено |            |            |            | Измерено |           | Вычислено |           |           |
|-------------|------------|------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $R_1$ , Ом  | $R_2$ , Ом | $R_3$ , Ом | $R_4$ , Ом | $U$ , В  | $I_1$ , А | $I_3$ , А | $I_4$ , А | $U_1$ , В |
| 220         | 100        | 330        | 680        | 15       | 0,028     | 0,0183    | 0,0089    | 6,16      |

Продолжение таблицы 3

| Вычислено |           |           |                   |          |            |            |            |            |                 |
|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| $U_2$ , В | $U_3$ , В | $U_4$ , В | $R_{\Sigma}$ , Ом | $P$ , Вт | $P_1$ , Вт | $P_2$ , Вт | $P_3$ , Вт | $P_4$ , Вт | $\Sigma P$ , Вт |
| 2,8       | 6,04      | 6,04      | 542,18            | 0,42     | 0,172      | 0,078      | 0,111      | 0,054      | 0,415           |

По формуле (1.3):  $U = I \cdot R$ ;  $I = U/R$

$$U_1 = 0,028 \cdot 220 = 6,16 \text{ В}$$

$$U_2 = 0,028 \cdot 100 = 2,8 \text{ В}$$

$$U_3 = U_4 = 15 - 6,16 - 2,8 = 6,04 \text{ В}$$

$$I_3 = 6,04 / 330 = 0,0183 \text{ А}$$

$$I_4 = 6,04 / 680 = 0,0089 \text{ А}$$

Эквивалентное сопротивление для смешанного соединения:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}, \quad (1.7)$$

Тогда:

$$R_{\Sigma} = 220 + 100 + \frac{330 \cdot 680}{330 + 680} = 542,18 \text{ Ом}$$

Мощность:

$$P=U * I, \quad (1.8)$$

$$P=15 * 0,028=0,42 \text{ Вт}$$

$$P_1=6,16 * 0,028=0,17248 \text{ Вт}$$

$$P_2=2,8 * 0,028=0,0784 \text{ Вт}$$

$$P_3=6,04 * 0,0183=0,110532 \text{ Вт}$$

$$P_4=6,04 * 0,089=0,053756 \text{ Вт}$$

$$\sum P = P_1+P_2+P_3+P_4 = 0,17248+0,0784+0,110532+0,053756 = 0,415168 \text{ Вт}$$

**Вывод:** Таким образом, изучил законы Кирхгофа. Рассмотрел последовательное, параллельное и смешанное соединение токоприёмников, провёл исследование распределения токов, напряжений и мощностей в каждой цепи.

Исходя из этого, в цепях постоянного тока с пассивными элементами сила тока распределяется равномерно по всем элементам цепи, так как они являются линейными элементами. Напряжение в цепи распределяется пропорционально сопротивлениям элементов, то есть на элементе с большим сопротивлением напряжение будет выше, чем на элементе с меньшим сопротивлением. Мощность в цепи рассчитывается как произведение напряжения на силу тока и также распределяется пропорционально сопротивлениям элементов.

Мощность в цепи смешанного соединения рассчитывается как сумма мощностей каждого элемента в цепи. Для каждого элемента необходимо определить, является ли он частью параллельного или последовательного соединения. Для элементов в параллельном соединении мощность рассчитывается как произведение квадрата напряжения на обратное значение сопротивления элемента, а для элементов в последовательном соединении - как произведение квадрата силы тока на сопротивление элемента.

Мощность на линии не равна суммарной мощности на каждом участке цепи из-за потерь мощности на сопротивлении проводов. Провода имеют конечное сопротивление, которое вызывает потери мощности в виде тепла. Эти потери мощности не учитываются при расчете мощности на каждом элементе цепи, поэтому мощность на линии будет немного меньше суммарной мощности на всех элементах цепи.