

Лабораторная работа № 2

Исследование цепи постоянного тока с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель работы – с помощью электронной лаборатории **Electronics Workbench** проверить формулы для определения эквивалентного сопротивления, формулы разброса, а также 1 и 2 законы Кирхгофа и принцип пропорциональности.

Краткие сведения из теории

При **последовательном** соединении потребителей эквивалентное сопротивление равно сумме сопротивлений отдельных потребителей:

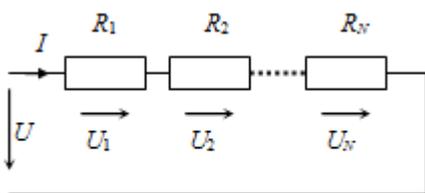


Рисунок 1 – Последовательное соединение потребителей

$$R_{\Sigma} = \sum_1^N R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_N. \quad (1)$$

По ним протекает один и тот же ток

$$I = U/R_{\Sigma}. \quad (2)$$

Напряжение на каждом потребителе

$$U_i = R_i I. \quad (3)$$

Общее напряжение U_{Σ} равно сумме отдельных составляющих:

$$U_{\Sigma} = \sum_1^N U_i = U_1 + U_2 + \dots + U_N. \quad (4)$$

При последовательном соединении потребителей суммируются их сопротивления (1) и напряжения (4). Включение/отключение или неисправность одного потребителя приводят к изменению режимов работы остальных.

Для электроснабжения последовательное соединение не подходит.

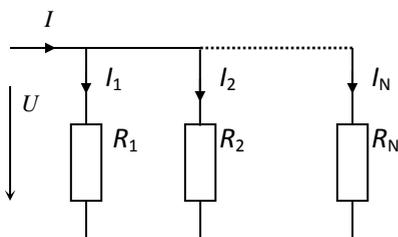


Рисунок 2 – Параллельное соединение потребителей

При **параллельном** соединении потребителей (рисунок 2) они все находятся под одним и тем же напряжением $U_i = U$. Сила тока через каждый потребитель пропорциональна его мощности:

$$I_i = P_i / U. \quad (5)$$

Сила суммарного тока и суммарная мощность:

$$I_{\Sigma} = \sum_1^N I_i = I_1 + I_2 + \dots + I_N \quad (6)$$

$$P_{\Sigma} = \sum_1^N P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_N. \quad (7)$$

При параллельном соединении складываются токи и мощности.

Эквивалентное сопротивление R параллельно соединённых резисторов может быть рассчитано по формуле

$$R = R_1 \parallel R_2 \parallel \dots \parallel R_N = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_N}. \quad (8)$$

Параллельное соединение применяется для электроснабжения, однако обычно потребители находятся на некотором расстоянии от источника, поэтому следует учитывать сопротивление проводов. В простейшем случае питания двух потребителей по одной линии учёт сопротивления проводов приводит к схеме смешанного соединения резисторов, приведенной на рисунке 3.

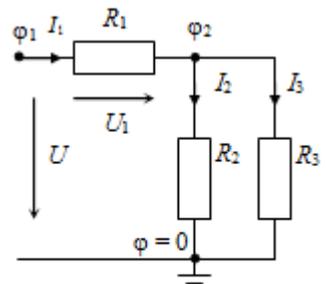


Рисунок 3 – Смешанное соединение резисторов

Пример. Дано: $U = 11$ В; $R_1 = 1$ Ом;
 $R_2 = 2$ Ом; $R_3 = 3$ Ом.

В этом случае эквивалентное сопротивление R находится по формуле:

$$R = R_1 + R_2 \parallel R_3 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \quad (9)$$

Закон Ома: Ток в проводнике равен отношению напряжения на участке проводника к электрическому сопротивлению этого участка.

Если разделить напряжение на эквивалентное сопротивление получим ток в неразветвлённой части цепи и резисторе R_1 .

$$\text{Ток } I_1 = U / R \quad (10)$$

Токи во второй и третьей ветвях могут быть получены по формулам разброса

$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3}, \quad I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3}. \quad (11)$$

Ток в одной из двух параллельных ветвей равен току неразветвлённой части цепи, умноженному на сопротивление другой ветви и делённому на сумму сопротивлений ветвей.

Для узла справедлив **1 закон Кирхгофа**

$$\sum \pm I = 0 \text{ или } \sum I_{\Pi} = \sum I_{\gamma} \text{ в данном случае } I_1 = I_2 + I_3 \quad (12)$$

Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю или сумма токов подтекающих к узлу равна сумме токов утекающих от узла.

Для контура справедлив **2 закон Кирхгофа**

$$\sum \pm U = 0 \text{ или } \sum I \cdot R = E, \text{ в данном случае } U_1 + U_2 = E \text{ то есть } U \quad (13)$$

В любом контуре алгебраическая сумма напряжений на всех элементах и участках электрической цепи, входящих в этот контур равна нулю или в контуре электрической цепи алгебраическая сумма падений напряжения в пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС этого контура.

Должен соблюдаться **баланс мощностей:**

Мощность источника равна сумме мощностей потребителей.

$$P_{\text{и}} = EI = \sum I_i^2 \cdot R_i = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 \quad (14)$$

Для линейных цепей должен соблюдаться **принцип пропорциональности: При изменении напряжения питания токи и напряжения на всех пассивных элементах цепи изменяются пропорционально.** Для мощностей принцип пропорциональности не подходит.

Порядок выполнения работы

1 Запустить электронную лабораторию нажатием на иконку .

2 Выбрать элементы в соответствии со схемой определения эквивалентного сопротивления рисунка 4 и разместить их в рабочем поле (резисторы – из Basic, мультиметр Multimeter из Instruments. Расположить их в соответствии со схемой. Назвать R1, 1 Ом; R2, 2 Ом и R3, 3 Ом (щелчок правой кнопкой, Component Properties, label и value OK). Резисторы R2 и R3 повернуть Rotate. Двойным щелчком открыть панель мультиметра и установить режим измерения сопротивления Ω.

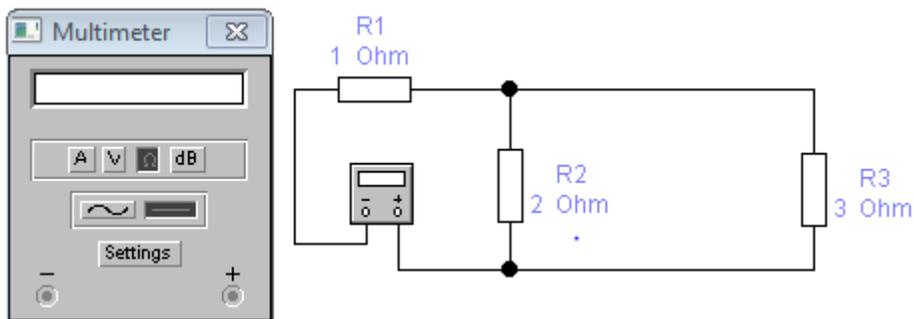


Рисунок 4 – Схема для определения эквивалентного сопротивления

3 Собрать схему (курсор мыши подводится к выводу компонента, и после появления жирной черной точки (узла) нажимается левая кнопка мыши и появляющийся при этом проводник протягивается к выводу другого компонента до появления на нем такой же жирной точки, после чего левая кнопка мыши отпускается и соединение готово. Можно выполнить соединение вывода элемента с проводом (но не провода с элементом).

4 Включить моделирование I (правый верхний угол).

Сравнить результат измерения с расчётом по формуле (9)

$$R = R_1 + R_2 \parallel R_3 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \text{ (Ом)}.$$

5 Удалить из схемы мультиметр Delete и добавить источник – из Sources, амперметры и вольтметры – из Indicators в соответствии с рисунком 5

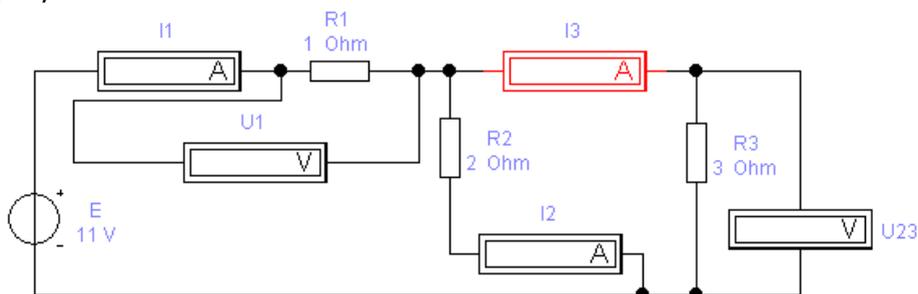


Рисунок 5 – Схема для определения токов и напряжений

6 Назвать и установить напряжение источника E, 11 V, назвать амперметры и вольтметры. Собрать схему и включить I. Измерить токи и напряжения. Результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерения токов и напряжений и расчёта мощностей

$E, В$	$I_1, А$	$P_{и}, Вт$	$U_1, В$	$P_1, Вт$	$I_2, А$	$P_2, Вт$	$I_3, А$	$P_3, Вт$	$U_{23}, В$

7 Проверить закон Ома по формуле (10) $I_1 = U / R$ то есть $I_1 = E / R$.

8 Проверить 1 закон Кирхгофа по формуле (12) $I_1 = I_2 + I_3$.

9 Проверить формулы разброса (11) $I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3}$, $I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3}$.

10 Проверить 2 закон Кирхгофа по формуле (13) $U_1 + U_{23} = E$.

11 Рассчитать мощность источника $P_{и} = E \cdot I$ и мощности потребителей $P_{п} = I^2 \cdot R$. Результаты расчёта занести в таблицу 1. Проверить баланс мощностей по формуле (14).

12 Проверить принцип пропорциональности. Для этого увеличить ЭДС источника вдвое, до 22 В. Измерить токи и напряжения, рассчитать мощности, результаты занести в таблицу 1. Убедиться, что токи и напряжения увеличились вдвое, а мощности – в четыре раза.

Содержание отчёта

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Схема измерения эквивалентного сопротивления.
- 3 Расчёт по формуле (9), сравнение результата измерения с расчётом.
- 4 Схема измерения токов и напряжений с изображением амперметров и вольтметров кружочками.
- 5 Таблица 1.
- 6 Формулировка закона Ома, результат его проверки.
- 7 Формулировка 1 закона Кирхгофа, результат его проверки.
- 8 Формулировка формул разброса, расчёты по ним, результаты экспериментальной проверки.
- 9 Формулировка 2 закона Кирхгофа, результат его проверки.
- 10 Формулировка баланса мощностей, результат его проверки.
- 11 Формулировка принципа пропорциональности, результат его проверки.
- 12 Заключение по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Как рассчитать эквивалентное сопротивление при смешанном соединении резисторов?
- 2 Как формулируется закон Ома?

3 Как формулируется 1 закон Кирхгофа?

4 Как формулируются формулы разброса?

5 Как формулируется 2 закон Кирхгофа?

6 Как формулируется баланс мощностей?

7 Как формулируется принцип пропорциональности. Подходит ли он для мощностей?