

Лабораторная работа №2

Исследование цепи постоянного тока с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель работы – с помощью программы Мультисим проверить формулы для определения эквивалентного сопротивления, формулы разброса, 1 и 2 законы Кирхгофа, а также принцип пропорциональности.

Краткие сведения из теории

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

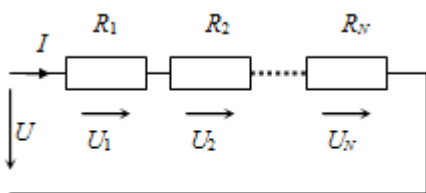


Рисунок 1 – Последовательное соединение потребителей

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

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:

$$U_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N U_i = U_1 + U_2 + \dots + U_N. \quad (4)$$

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.

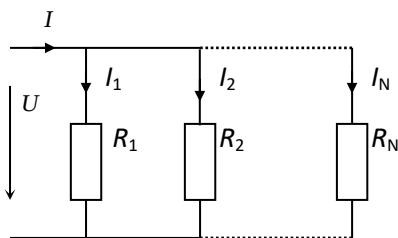


Рисунок 2 – Параллельное соединение потребителей

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

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

Если резистора два, $R = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$.

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.

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**

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

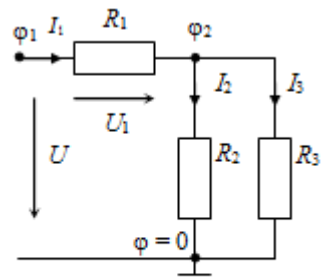


Рисунок 3 – Смешанное соединение резисторов

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**

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

Сумма токов подтекающих к узлу равна сумме токов утекающих от узла.

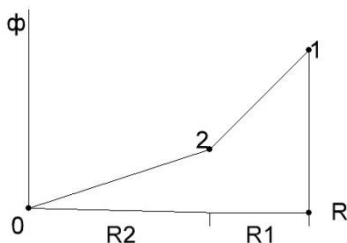
Для контура справедлив **2 закон Кирхгофа**

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

В замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма падений напряжения на пассивных элементах равна алгебраической сумме ЭДС этого контура.

Для иллюстрации второго закона Кирхгофа строим **потенциальную диаграмму** контура. Построение начинаем с нижней точки, имеющей потенциал равный 0. Обходим контур против часовой стрелки – идём навстречу току, потенциал возрастает, как если бы мы поднимались, двигаясь против течения ручья. По горизонтали откладываем сопротивление R_2 , а по вертикали потенциал точки 2 $\varphi_2 = I_2 \cdot R_2$.

Соединяем точку 2 отрезком прямой линии с точкой 0.



Далее откладываем по горизонтали сопротивление R_1 а по вертикали потенциал точки 1 $\varphi_1 = \varphi_2 + I_1 \cdot R_1$. Соединяем точку 1 с точкой 2. Линия тока I_1 круче, значит он больше, чем I_2 . Направление наклона линии показывает направление тока (по току вниз, против – вверх). Далее имеем вертикальный скачок потенциала вниз на величину встречно направленной ЭДС с напряжением U и мы должны прийти к потенциалу 0.

Если источник ЭДС имеет внутреннее сопротивление, то оно откладывается по горизонтали, и скачок потенциала имеет небольшое отклонение от вертикали.

Для схемы должен соблюдаться **баланс мощностей**:

Мощность источника равна сумме мощностей потребителей.

$$P_{\Pi} = EI = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 \quad (14)$$

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 программу Мультисим нажатием на иконку .

2 Выбрать элементы в соответствии со схемой определения эквивалентного сопротивления рисунка 4 и разместить их в рабочем поле (резисторы – из , мультиметр из панели измерительных приборов (справа). Расположить их в соответствии со схемой. Назвать и установить (двойной щелчок) R1, 1 Ом; R2, 2 Ом и R3, 3 Ом. Резисторы R2 и R3 повернуть через правую кнопку. Двойным щелчком открыть панель мультиметра и установить режим измерения сопротивления Ω. Собрать схему (с помощью курсора мыши)

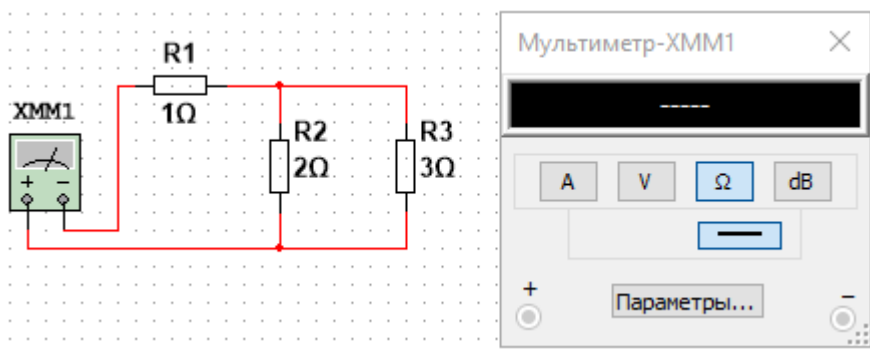


Рисунок 4 – Схема для определения эквивалентного сопротивления

3 Включить моделирование . Мультиметр покажет эквивалентное сопротивление. Сравнить результат измерения с расчётом по формуле (9)

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

4 Собрать схему в соответствии с рисунком 5, с источником из  (POWER_SURCES, DC_POWER), амперметрами и вольтметрами – из , резисторами из . Названия и параметры устанавливать двойным щелчком. Резисторы поворачивать правой клавишей мыши.

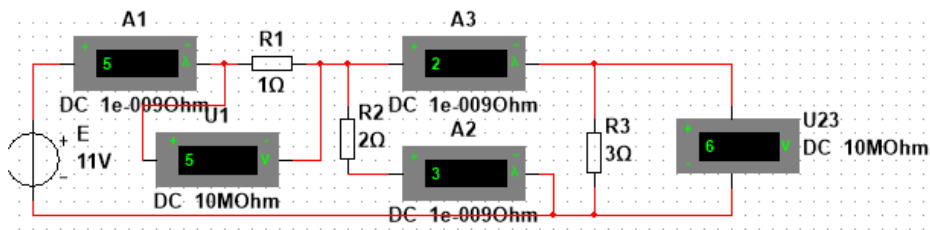


Рисунок 5 – Схема для определения токов и напряжений

5 Включить моделирование ►. Результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерения токов и напряжений и расчёта мощностей

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

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

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

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

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

10 Построить потенциальную диаграмму для левого контура схемы.

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

$$P_{\text{и}} = EI = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3$$

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 R по формуле (9), сравнение результата измерения с расчётом.
- 4 Схема измерения токов и напряжений (смотри приложение).
- 5 Таблица 1 результатов измерений и расчётов.
- 6 Формулировка закона Ома, результат его проверки.
- 7 Формулировка 1 закона Кирхгофа, результат его проверки.

8 Формулировка формул разброса, расчёты по ним, сравнение с результатами экспериментальной проверки.

9 Формулировка 2 закона Кирхгофа, результат его проверки.

10 Потенциальная диаграмма

11 Формулировка баланса мощностей, результат его проверки.

12 Формулировка принципа пропорциональности, результат его проверки.

13 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 строится потенциальная диаграмма?

7 Как формулируется баланс мощностей?

8 Как формулируется принцип пропорциональности? Подходит ли он для мощностей?

Приложение. Схема измерения токов и напряжений

