

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP

Лабораторная работа №1

Исследование электрических цепей на постоянном токе

1.1. Цель работы:

1. Знакомство с простейшими резистивными электрическими цепями;
2. Изучение законов Ома и Кирхгофа для цепей постоянного тока;
3. Исследование резистивных электрических цепей на постоянном токе.

1.2. Теоретическая справка

1.2.1. Основные понятия и определения

Согласно представлениям современной физики, вся материя состоит из атомов. Данное слово происходит от древнегреческого слова «неразрезанный». В русскоязычной литературе слово «атом» часто соотносят со значением «неделимый». Атомы состоят из ядра и вращающихся вокруг него электронов. Электроны имеют отрицательный заряд, ядро атома – положительный заряд.

Если в точке А (рис. 1.1) наблюдается избыток электронов в сравнении с точкой В, то между точками А и В существует разность потенциалов (напряжение).

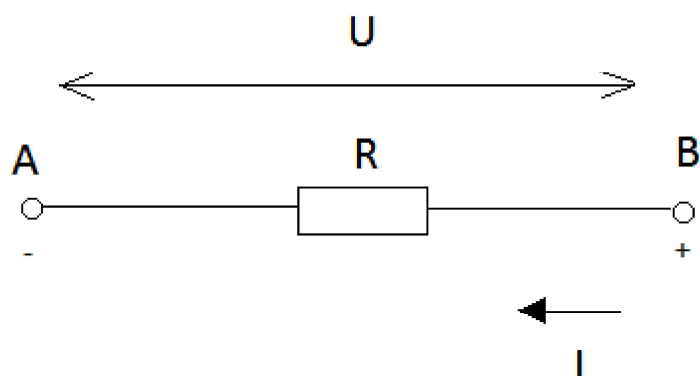


Рис. 1.1. Разность потенциалов и электрический ток

Напряжение $U = U_A - U_B$, где U_A и U_B – потенциалы точек А и В соответственно. Электроны из точки А перетекают в точку В. Этот поток электронов называется электрическим током I . За направление тока принято направление, противоположное направлению движения электронов (рис. 1.1). Элемент R (рис. 1.1) называется резистором. Он оказывает сопротивление электрическому току.

Напряжение U измеряется в вольтах [В], ток I – в амперах [А], сопротивление R – в омах [Ом].

1.2.2. Основные законы электрических цепей

Согласно Закону Ома, сила тока в электрической цепи определяется в соответствии с выражением:

$$I = \frac{U}{R}.$$

На рис. 1.1 представлена очень простая электрическая цепь. Для анализа сложных цепей дополнительно используют Законы Кирхгофа для токов и напряжений. Закон Кирхгофа для токов гласит:

сумма токов втекающих в узел цепи равна сумме токов, вытекающих из узла (рис. 1.2).

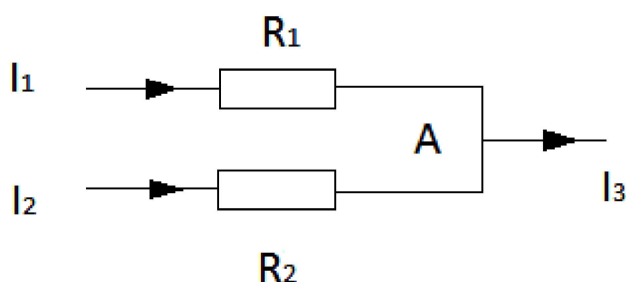


Рис. 1.2. Электрическая цепь, содержащая узел

Токи I_1 , I_2 – втекают в узел А, ток I_3 – вытекает из узла А. Согласно Закону Кирхгофа, $I_3 = I_1 + I_2$.

Закон Кирхгофа для напряжений гласит: сумма напряжений в замкнутом контуре равна нулю (рис. 1.3).

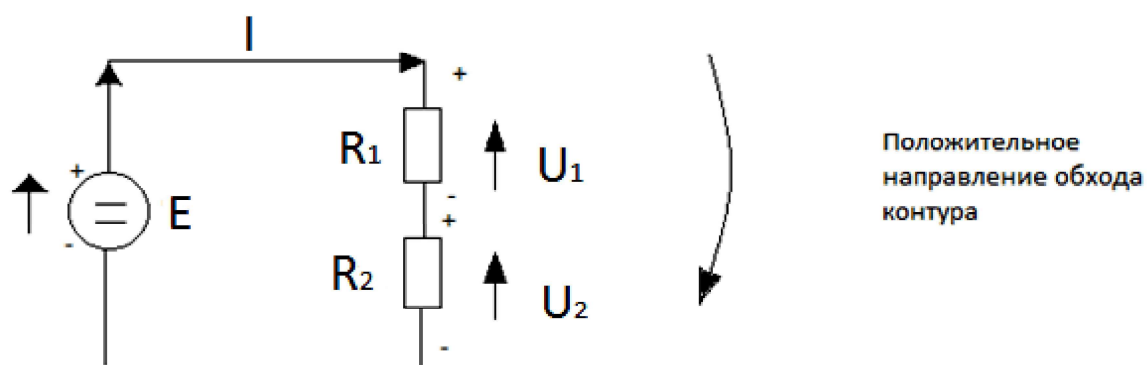


Рис. 1.3. Замкнутый контур электрической цепи

Для выбранного положительного направления обхода контура (рис.1.3): $E - U_1 - U_2 = 0$

Тогда, $E = U_1 + U_2$. Можно принять и обратное положительное направление, тогда: $U_1 + U_2 - E = 0$ и, следовательно, $U_1 + U_2 = E$.

1.2.3. Последовательное, параллельное и смешанное соединения резисторов

Если резисторы соединены последовательно, то их эквивалентное сопротивление равно сумме сопротивлений всех последовательно соединенных резисторов:

$$R_3 = \sum_1^n R_j,$$

где n – число резисторов, соединенных последовательно. Так, для цепи (рис. 1.3) общее (эквивалентное) сопротивление $R_3 = R_1 + R_2$.

Для параллельно соединенных резисторов справедливо выражение:

$$\frac{1}{R_3} = \sum_1^n \frac{1}{R_i}.$$

Например, для цепи (рис. 1.4.) эквивалентно сопротивление:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 4}{8} = 2 \text{ кОм}.$$

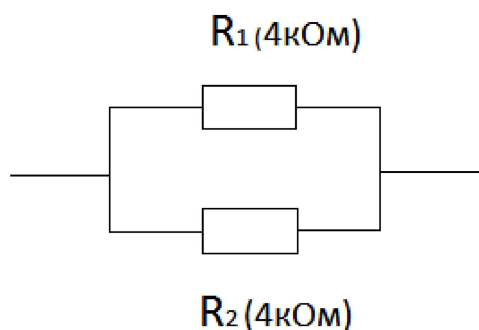


Рис. 1.4. Параллельное соединение резисторов

Для расчета полного сопротивления цепи, содержащей смешанное соединение резисторов, производят последовательное упрощение цепи, заменяя участки с последовательным и параллельным соединением резисторов их эквивалентными сопротивлениями. Рассмотрим пример смешанного соединения резисторов (рис. 1.5).

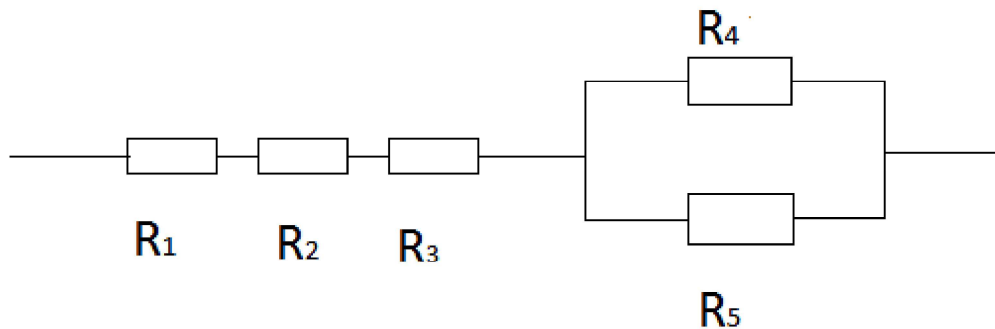


Рис. 1.5. Смешанное соединение резисторов

Заменяя участки последовательного и параллельного соединений эквивалентными сопротивлениями, получим цепь (рис. 1.6).

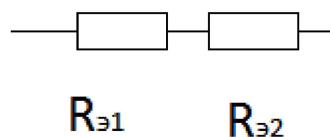


Рис. 1.6. Эквивалент электрической цепи (рис. 1.5)

$$R_{э1} = R_1 + R_2 + R_3;$$

$$R_{э2} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}.$$

Очевидно, что общее сопротивление цепи (рис. 1.5) равно:

$$R_э = R_{э1} + R_{э2} = R_1 + R_2 + R_3 + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}.$$

1.2.4. Моделирование электрических цепей

Для моделирования электрических цепей разработан широкий спектр программного обеспечения. Для выполнения лабораторных работ будет использоваться Micro-CAP (студенческая версия). Рассмотрим пример моделирования электрической цепи (рис. 1.7). Схема имеет два заземленных элемента (резистор R_1 и источник напряжения $E_2 = 15\text{ В}$). Напряжение измеряется вольтметром, который имеет два вывода. На рис. 1.7 показаны напряжения в точках схемы. Для измерения этих напряжений один вывод вольтметра должен быть постоянно заземлен, а другой – подключаться к соответствующей точке.

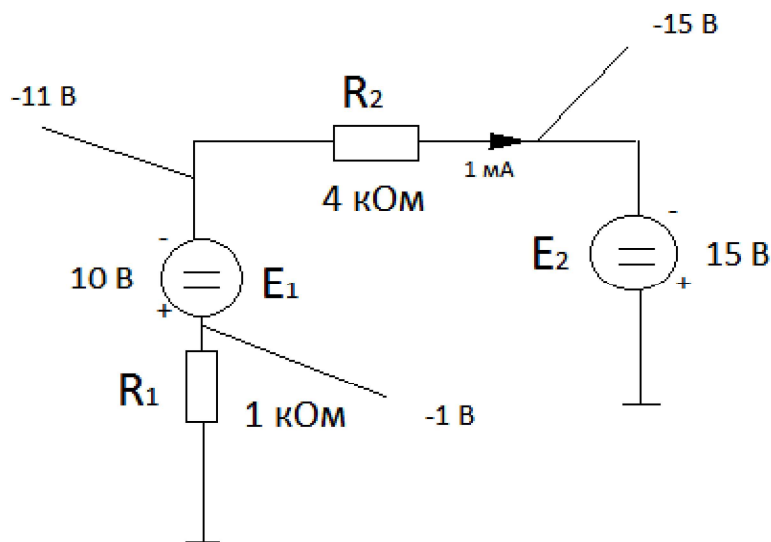


Рис. 1.7. Результаты моделирования электрической цепи

Источники напряжений E_1 и E_2 порождают токи противоположных направлений. Так как напряжение $E_2 > E_1$, то результирующий ток протекает от земли через R_1 , E_1 и R_2 к минусу источника E_2 . Согласно Закону Кирхгофа для напряжений, результирующее значение напряжения в контуре равно

$$E_3 = E_2 - E_1 = 15 - 10 = 5\text{ В}.$$

Согласно Закону Ома сила тока в цепи:

$$I = \frac{5 \text{ В}}{(1 + 4) \text{ кОм}} = 1 \text{ мА}.$$

Определим значение напряжения на резисторе R_1 . Потенциал земли равен нулю. Поэтому $U_{R1} = -1 - 0 = -1 \text{ В}$. Напряжение на резисторе R_2 равно $U_{R2} = -11 - (-15) = 4 \text{ В}$.

1.2.5. Источники напряжения и тока

Любая электрическая цепь включает в себя один или несколько источников электрической энергии. Такими источниками являются источники напряжения и источники тока. На рассмотренных ранее схемах присутствовали идеальные источники напряжения с нулевым значением внутреннего сопротивления $R_{\text{вн}} = 0$. У реального источника напряжения $R_{\text{вн}} > 0$ (рис. 1.8).

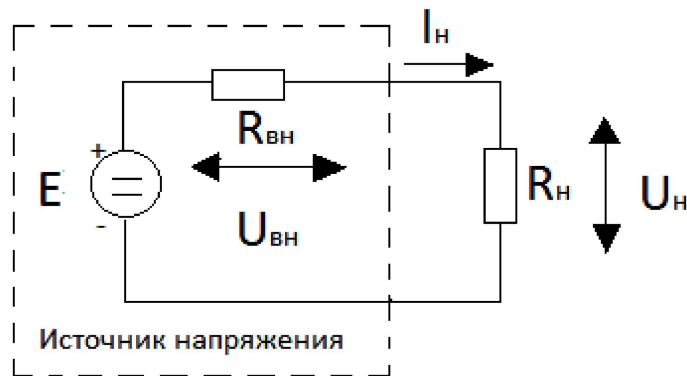


Рис. 1.8. Подключение источника напряжения к нагрузке

При $I_{\text{н}} = 0$, $U_{\text{н}} = E$ (режим холостого хода). В рабочем режиме $U_{\text{н}} = E - R_{\text{вн}} I_{\text{н}}$. Чем меньше $R_{\text{вн}}$, тем ближе схема к идеальному источнику напряжения. Задача источника напряжения заключается в обеспечении требуемого напряжения на нагрузке. В схеме напряжение E разделяется на две части: $E = U_{\text{вн}} + U_{\text{н}} = I_{\text{н}} R_{\text{вн}} + U_{\text{н}}$.

Для схемы (рис. 1.8) должно выполняться условие: $R_{вн} \ll R_{н}$. В противном случае схему следует рассматривать как источник тока. То есть источник тока можно получить из источника напряжения увеличив значение $R_{вн}$.

В источнике тока происходит разделение тока (рис. 1.9):

$$I = I_{вн} + I_{н} = I * \frac{G_{вн}}{G_{вн} + G_{н}} + I * \frac{G_{н}}{G_{вн} + G_{н}}.$$

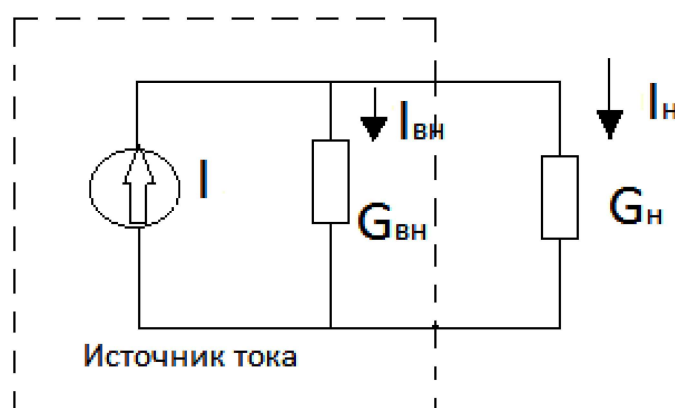


Рис. 1.9. Подключение источника тока к нагрузке

В схеме (рис. 1.9) $G_{вн}$ – внутренняя проводимость источника тока, $G_{н}$ – проводимость нагрузки. Для идеального источника тока $G_{вн} = 0$ (рис. 1.9) или $R_{вн} = \infty$ (рис. 1.8).

1.3. Порядок выполнения работы

1.3.1. Исследование цепи, представленной на рис. 1.7

Номиналы элементов схемы приведены в таблице 1.1.

Порядок выполнения эксперимента:

1. Построить схему (рис. 1.7);
2. Произвести моделирование цепи, записать значения тока и напряжений в точках схемы;

3. Вычислить падения напряжения на каждом из элементов схемы;

Таблица 1.1

Номиналы элементов схемы (рис. 1.7, 1.10)

Номер варианта	E_1 , В	E_2 , В	R_1 , кОм	R_2 , кОм
1	30	20	1,5	6
2	20	30	1,5	6
3	25	5	7	0,5
4	10	5	13	25
5	8	2	0,8	2,5
6	3	6	1,3	5,7
7	5	9	7,8	10
8	12	18	11	22
9	15	20	12	22
10	25	10	3,6	7,8
11	2,5	5	0,5	1,5
12	7,5	3	1,5	7,1
13	12	9	4,7	6
14	4,5	9	12	5
15	5	15	7	14

4. Произвести расчет цепи используя законы Ома и Кирхгофа;

5. Сравнить результаты расчетов и моделирования, сделать выводы.

Отчет по п. 1.3.1 должен содержать: схему цепи с указанными на ней значениями напряжений и тока; подробный расчет тока цепи и напряжений на резисторах схемы; выводы по результатам исследований.

1.3.2. Исследование цепи, представленной на рис. 1.10

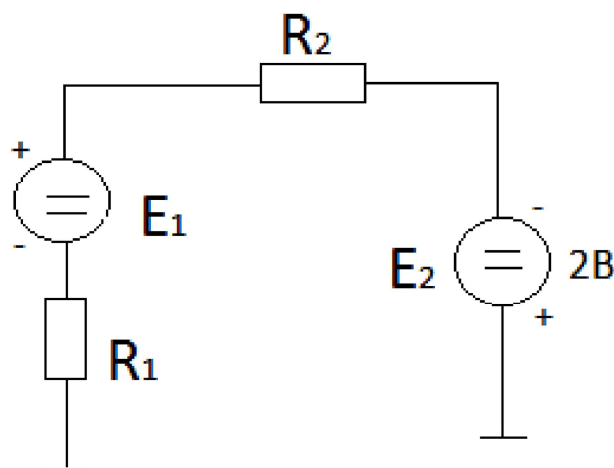


Рис. 1.10. Схема цепи для исследования в соответствии с п. 1.3.2

Номиналы элементов схемы взять из таблицы 1.1.

Порядок выполнения эксперимента и требования к отчету аналогичны п. 1.3.1.

1.3.3. Сравнение результатов исследований п. 1.3.1 и п. 1.3.2

Произвести сравнения результатов исследований по п. 1.3.1 и п. 1.3.2. Сделать выводы.