

Работа 313

Измерение силы тока и напряжения на сопротивлениях, соединенных последовательно и параллельно

Решаемые задачи

- Определение общего сопротивления резисторов, соединенных параллельно.
 - Определение общего сопротивления резисторов, соединенных последовательно.
 - Проверка правил сложения токов и напряжений в разветвлённых цепях.
-
-

Правила Кирхгофа имеют фундаментальное значение для расчета отдельных токов и напряжений в разветвленных электрических цепях:

Первое правило Кирхгофа (правило токов) — относится к узлам электрической цепи. *Узлом* называется точка в которой сходится не менее трёх проводников. Оно гласит: алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$\sum I_i = 0.$$

При этом токи входящие в узел берутся с положительным знаком, а вытекающие из него — с отрицательным.

Второе правило Кирхгофа (правило напряжений) — относится к любому выделенному в разветвлённой цепи замкнутому контуру: алгебраическая сумма произведений сил токов в отдельных участках произвольного замкнутого контура на их сопротивление равна алгебраической

сумме э.д.с., действующих в этом контуре:

$$\sum I_i \cdot R_i = \sum \mathcal{E}_k.$$

При этом следует соблюдать два правила знаков:

1. Токи, направления которых совпадают с направлением обхода, должны считаться положительными, а те, которые идут в противоположном направлении, должны считаться отрицательными.
2. Если при выбранном направлении обхода контура источник питания проходится от минуса к плюсу, то соответствующее значение э.д.с. берётся со знаком плюс, а если от плюса к минусу, то со знаком минус.

В этой работе проверяется выполнение правил Кирхгофа в электрических цепях с резисторами, соединенными параллельно или последовательно.

При параллельном соединении резисторов R_1, R_2, \dots, R_n падение напряжения U одинаково на

всех резисторах. Согласно 1-му правилу Кирхгофа, сумма разветвленных токов I_1, I_2, \dots, I_n , равна полному току I через резисторы.

$$I = \sum I_i. \quad (1)$$

Это приводит к следующему выражению для общего сопротивления R :

$$\frac{1}{R} = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{U} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (2)$$

При последовательном соединении резисторов R_1, R_2, \dots, R_n сила тока I одинакова в каждой точке электрической цепи. В соответствии с законом для напряжений сумма отдельных напряжений U_1, U_2, \dots, U_n на резисторах такая же, как напряжение U подключенных источников питания.

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n. \quad (3)$$

Это приводит к следующему выражению для суммарного сопротивления R :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{I} = R_1 + R_2 + \dots + R_n. \quad (4)$$

Первоначально эксперимент выполняется при параллельном соединении различных резисторов, после чего измеряется суммарный ток и разветвленные токи, связанные с резисторами. Общее сопротивление получается из измеренных значений и сравнивается с теоретическим значением из уравнения (2).

После этого суммарный ток и отдельные напряжения измеряются при последовательном соединении резисторов. Общее сопротивление снова вычисляется из измеренных значений и сравнивается с теоретическим значением из уравнения (4).

Оборудование

Растровая панель с разъемами DIN A4	1 шт.	57674
Резистор 220 Ом, 2 Вт	1 шт.	57736
Резистор 330 Ом, 2 Вт	1 шт.	57738
Резистор 470 Ом, 1,4 Вт	1 шт.	57740
Резистор 1 кОм, 2 Вт	1 шт.	57744
Резистор 5,6 кОм, 2 Вт	1 шт.	57753
Резистор 10 кОм, 0,5 Вт	1 шт.	57756
Резистор 100 кОм, 0,5 Вт	1 шт.	57768
Набор из 10 соединительных перемычек	1 шт.	50148
Источник питания постоянного тока 0 ± 15 В	1 шт.	52145
Мультиметр LD analog 10	2 шт.	531120
Пара кабелей 50 см, красный/синий	3 шт.	50145

Порядок выполнения работы

Перед началом работы ознакомьтесь с принципами работы универсального измерительного прибора LD analog 10.

Электрическая цепь с параллельным соединением резисторов

- Соберите электрическую цепь согласно рис. 1, но без включения в сеть источника питания. Конкретные параметры сопротивлений рекомендует преподаватель, но можно первоначально использовать сопротивления $R_1 = 220$ Ом, $R_2 = 330$ Ом и $R_3 = 470$ Ом.
- Используя простейшие формулы для расчета полного сопротивления цепи при выбранных значениях сопротивлений, оцените предполагаемые значения токов и установите пределы измерения на амперметрах с запасом.

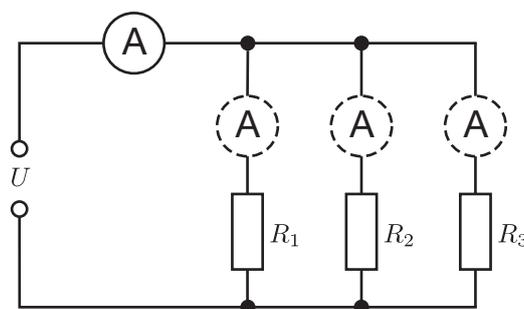


Рис.1. Принципиальная схема параллельного соединения резисторов.

- Подключение источника питания постоянного тока осуществляется после проверки цепи преподавателем или инженером. Установите выходное напряжение $U = 10\text{ В}$.
- Снимите показания амперметра и запишите полную силу тока $I = I_{\text{экс}}$.
- Измерьте и запишите отдельные токи I_1 , I_2 и I_3 в разветвлённой цепи с резисторами R_1 , R_2 и R_3 . Рассчитайте экспериментальное значение суммарного тока $I_1 + I_2 + I_3 = I_{\Sigma}$.
- Результаты запишите в таблицу:

i – номер разв. цепи	R_i , кОм	I_i , мА	$R_i \cdot I_i$, В
1			
2			
3			

- Сравните $I = I_{\text{экс}}$ и I_{Σ} .
- Используя правила Кирхгофа рассчитайте токи в разветвлённых цепях $I_{1\text{т}}$, $I_{2\text{т}}$ и $I_{3\text{т}}$, а также полный ток $I_{\text{т}}$.
- Сравните экспериментальные I_1 , I_2 и I_3 и теоретические значения токов $I_{1\text{т}}$, $I_{2\text{т}}$ и $I_{3\text{т}}$, убедитесь в справедливости правил Кирхгофа; если проявились заметные расхождения в экспериментальных и теоретических значениях, то постарайтесь их объяснить.
- Повторите экспериментальную часть и расчёты для других значений сопротивлений.

Электрическая цепь с последовательным соединением резисторов

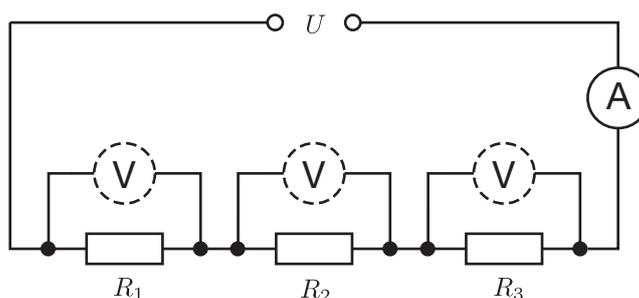


Рис.2. Принципиальная схема последовательного соединения резисторов.

- Соберите электрическую цепь согласно рис. 2, при этом выбор сопротивлений рекомендует преподаватель. Подключение источника питания постоянного тока в цепь осуществляется только после проверки цепи преподавателем или инженером. (Можно первоначально использовать сопротивления $R_1 = 220 \text{ Ом}$, $R_2 = 330 \text{ Ом}$ и $R_3 = 470 \text{ Ом}$).
- Включите источник питания постоянного тока.
- Установите выходное напряжение $U = 10 \text{ В}$.
- Снимите показания и запишите силу тока I .
- Также измерьте и запишите отдельные напряжения U_1 , U_2 и U_3 на каждом из сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 .
- Заполните приведённую ниже таблицу:

i – номер сопротивл.	R_i , кОм	U_i , В	$U_i/R_i \cdot I_i$, мА
1			
2			
3			

- Используя правила сложения последовательно соединённых сопротивлений, правила Кирхгофа и закон Ома, рассчитайте теоретические значения падения напряжений $U_{1т}$, $U_{2т}$ и $U_{3т}$ на каждом из резисторов, а также токи $I_{1т}$, $I_{2т}$ и $I_{3т}$ на этих сопротивлениях. Сравните теоретические и экспериментальные значения полученных результатов. В случае существенных отклонений в экспериментальных и теоретических значениях, постарайтесь их объяснить.
- Повторите экспериментальную часть для других значений сопротивлений.
- Сделайте выводы с анализом полученных результатов.

Вопросы для подготовки

1. Постоянный электрический ток. Условия возникновения пост постоянного тока. Плотность и сила тока.
2. Сторонние электродвижущие силы. Напряжение, разность потенциалов и э.д.с. Различия между ними.
3. Закон Ома для однородного, неоднородного участка и полной цепи.
4. Сопротивление. Удельное сопротивление. Сопротивление проводника произвольной формы.
5. Линейные электрические цепи. Правила Кирхгофа.
6. Последовательное и параллельное соединение проводников.