



В данной задаче требуется оценка погрешностей.

Теоретическая справка

Температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) называется величина равная относительному изменению сопротивления резистора отнесенного к изменению его температуры.

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R \Delta T}. \quad (1)$$

При выводе теоретических формул в данной работе может оказаться полезным воспользоваться методами приближенного вычисления. Приведем наглядный пример их применения. Пусть даны две величины a и b и их малые изменения Δa и Δb . Рассчитаем изменение произведения двух этих величин:

$$\Delta(ab) = (a + \Delta a)(b + \Delta b) - ab = b\Delta a + a\Delta b + \Delta a\Delta b \quad (2)$$

В полученном выражении первые два слагаемых много больше третьего. Поэтому третьим слагаемым можно пренебречь. Тогда для изменения произведения величин можно записать:

$$\Delta(ab) \approx b\Delta a + a\Delta b \quad (3)$$

Задание

Измерьте ТКС двух выданных вам резисторов в пределах температур 50-65 °С.

Оборудование. Резистор большой, резистор малый, две батарейки АА, термометр, стакан, zip-lock пакет, горячая вода по требованию, мультиметр, держатели батареек, соединительные провода (5 штук).

Внимание! Измерение температуры воды следует производить, не снимая с термометра металлический кожух.

Будьте аккуратны при работе с zip-лок пакетами. В случае нарушения герметичности пакета он будет заменен вам только один раз.

Решение

Измерим сначала каждое из сопротивлений мультиметром. Оба резистора имеют практически одинаковое сопротивление $R = 2.2$ кОм. Заметим также, что при нагревании резисторов руками достоверного измерения сопротивления зарегистрировать омметром не удастся.

Для точного измерения изменения сопротивления воспользуемся мостовой схемой (см. рисунок 1). В одно плечо моста поместим два сопротивления, подключенные последовательно. В другом плече моста поместим две батарейки. Мультиметр в режиме вольтметра подключим между серединами каждого из плеч мостовой схемы. Обозначим потенциал точки, находящейся между резисторами, за $\Delta\varphi$. Величины потенциалов в схеме будем отсчитывать от точки с нулевым потенциалом, находящейся между батарейками. В случае, если оба резистора находятся при комнатной температуре, мост будет практически сбалансирован, то есть $\Delta\varphi \ll E$ ($E = 1623 \pm 3$ мВ - напряжение одной батарейки).

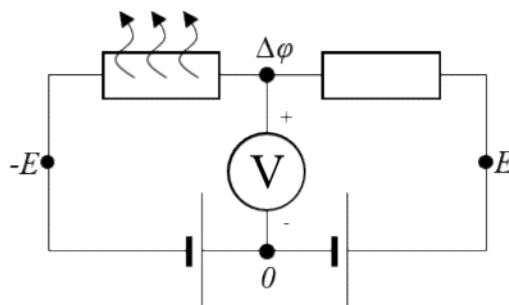


Рис. 1. Установка

Такая схема позволяет измерять изменения напряжения на резисторах на самом точном пределе измерения мультиметра. Отметим, что важно следить за полярностью подключения мультиметра. В противном случае будет тяжело разобраться уменьшается или увеличивается напряжение на исследуемом резисторе. В предложенной на схеме полярности подключения положительное изменение напряжения на резисторе соответствует положительному изменению напряжения на вольтметре.

Подключив схему, убедимся в ее стабильности (напряжение на вольтметре не меняется со временем). Поместим резистор подключенный к отрицательному полюсу батареек в zip-lock пакет. Опустим пакет в стакан и зальем горячей водой. Напряжение на мультиметре начнет меняться. Поместим в сосуд термометр и дождемся того момента, когда показания температуры начнут стабильно уменьшаться. Будем измерять напряжение на мультиметре и параллельно регистрировать температуру в стакане. Запишем полученные результаты в таблицу. Поменяем резисторы местами и повторим эксперимент. Построим графики измеренных зависимостей. Отметим, что больший из резисторов обладает высокой теплоемкостью. Время его нагрева достаточно существенно. Это может привести к изменению знака углового коэффициента исследуемого графика. Обработать будем



только ту часть точек, которые соответствуют остыванию резистора вместе с водой.

Для определения температурных коэффициентов сопротивления запишем условие равенства токов через резисторы.

$$\frac{E - \Delta\varphi}{R} = \frac{\Delta\varphi - (-E)}{R + \Delta R}. \quad (4)$$

Здесь ΔR - изменение сопротивления резистора погруженного в горячую воду. Преобразовывая выражение, получим:

$$ER + E\Delta R - \Delta\varphi R - \Delta\varphi\Delta R = \Delta\varphi R + ER \quad (5)$$

Приведем подобные и пренебрежем слагаемым второго порядка малости:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{2\Delta\varphi}{E}. \quad (6)$$

Показания вольтметра U_V совпадают с рассматриваемой разницей потенциалов $\Delta\varphi$. Тогда относительное изменение сопротивления исследуемого резистора можно вычислить на основе этих показаний и ЭДС батарейки:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{2U_V}{E}. \quad (7)$$

Построим графики зависимостей $U_V(T)$ для обоих резисторов и рассчитаем их угловые коэффициенты.

$$K_6 = (6.5 \pm 0.2) \cdot 10^{-2} \text{ мВ}/^\circ\text{C}$$

$$K_M = (-21.0 \pm 0.1) \cdot 10^{-2} \text{ мВ}/^\circ\text{C}$$

Тогда для двух ТКС получим:

$$\alpha_6 = 2\frac{K_6}{E} = (7.9 \pm 0.3) \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_M = 2\frac{K_M}{E} = (-2.6 \pm 0.1) \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \quad (8)$$

Большой резистор

T °C	U_V , мВ
83.7	22.3
81.7	22.2
80.1	22.1
79.0	22.0
77.0	21.9
75.6	21.8
74.0	21.7
72.9	21.6
71.7	21.5
70.1	21.4
69.1	21.3
67.3	21.2
66.3	21.1
64.3	21.0
62.5	20.9
60.0	20.8
58.9	20.7
56.9	20.6
56.1	20.5
54.5	20.4
52.8	20.3
50.8	20.2
48.6	20.1

Малый резистор

T °C	U_V , мВ
77.0	19.9
75.0	20.2
74.0	20.5
73.0	20.7
72.0	20.9
71.0	21.1
70.0	21.3
69.0	21.5
68.0	21.7
67.0	21.9
66.0	22.2
65.0	22.4
64.0	22.5
63.0	22.7
62.0	23.0
61.0	23.2
59.0	23.6
57.0	24.0
55.0	24.4
53.0	24.8

