

10 класс

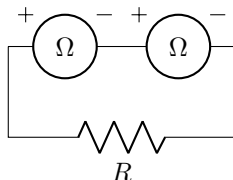
Задача №10-Е2. Два мультиметра

Внимание! Приведённые ниже значения получены на авторской установке и могут отличаться от значений, полученных жюри!

Переключим один из приборов в режим вольтметра (режим "200m"), другой — в режим омметра (режим «2000k») и соединим их друг с другом. В этом случае вольтметр покажет напряжение $U_V = 129,8$ мВ, а омметр измерит сопротивление вольтметра $R_V = 996$ кОм.

Способ 1. Одним омметром определить сопротивление R невозможно, так как прибор зашкаливает. Чтобы измерить R соединим последовательно оба мультиметра в режиме омметра (диапазон «2000k») и этот резистор (см. рис.).

Сумма показаний омметров, $R_{\Omega 1}$ и $R_{\Omega 2}$, равна искомому сопротивлению резистора



$$R = R_{\Omega 1} + R_{\Omega 2} = 1507 \text{ кОм} + 1510 \text{ кОм} = 3017 \text{ кОм} \approx 3020 \text{ кОм}.$$

Погрешность определения суммы можно оценить как 6 кОм, то есть 0,2%. Если же показания приборов «скачут» в процессе измерения, то к полученной оценке необходимо добавить сумму амплитуд этих колебаний на обоих приборах. Так, например, при колебаниях показаний каждого прибора в пределах ± 5 кОм, итоговая погрешность данного метода будет равна 16 кОм или 0,53%.

Способ 2. Соединим резистор R и вольтметр параллельно и подключим к ним омметр. Он покажет $R' = 749$ кОм. Отсюда найдём R :

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{R'} \Rightarrow R = \frac{R_V R'}{R_V - R'} = \frac{996 \cdot 749}{247} \text{ кОм} = 3020 \text{ кОм}.$$

Относительная погрешность такого способа:

$$\varepsilon_R = \varepsilon_{R'} + \varepsilon_{R_V} + \frac{\Delta R_V + \Delta R'}{R_V - R'} = \frac{3}{749} + \frac{3}{996} + \frac{6}{247} \approx 3,1\%.$$

Рассмотрим последовательное соединение омметра, вольтметра и резистора R . Омметр находится в режиме «2000k», вольтметр — в режиме «200m». Омметр при этом будет зашкаливать, но вольтметр покажет значение напряжения (по модулю) $U'_V = 51,6$ мВ (знак минус может возникнуть из-за полярности подключения).

Используя принципиальную схему омметра, получим, что собранная цепь представляет собой последовательное соединение источника и трёх резисторов: r , R и R_V . Напряжение на R_V будет равно

$$U'_V = \frac{U_0 R_V}{r + R + R_V}.$$

Аналогично, если омметр и вольтметр подключены напрямую (без резистора R) напряжение на вольтметре составит

$$U_V = \frac{U_0 R_V}{r + R_V}.$$

Отсюда найдём, что

$$\frac{1}{U'_V} - \frac{1}{U_V} = \frac{R}{U_0 R_V} \Rightarrow U_0 = \frac{U_V R / R_V}{U_V / U'_V - 1} = \frac{393,2 \text{ мВ}}{129,8/51,6 - 1} \approx 259 \text{ мВ}.$$

Сопротивление r , соответственно, равно

$$r = \frac{U_0 R_V}{U_V} - R_V = \frac{R}{U_V / U'_V - 1} - R_V = \frac{3017 \text{ кОм}}{129,8/51,6 - 1} - 996 \text{ кОм} \approx 995 \text{ кОм}.$$

Погрешность значения сопротивления R определена выше, в пункте 1. Для оценки погрешностей U_0 и r найдём относительную погрешность значения выражения $k = U_V / U'_V - 1$:

$$\varepsilon_k = \frac{\Delta(U_V / U'_V)}{k} = \frac{U_V / U'_V \cdot (\varepsilon_{U_V} + \varepsilon_{U'_V})}{k} = \frac{2,516 \cdot (0,3/129,8 + 0,3/51,6)}{1,516} \approx 1,3\%.$$

Соответственно,

$$\varepsilon_{U_0} = \varepsilon_{U_V} + \varepsilon_R + \varepsilon_{R_V} + \varepsilon_k = 0,3/129,8 + 0,53\% + 3/996 + 1,3\% = 2,4\% \Rightarrow \Delta U_0 \approx 6 \text{ мВ}.$$

$$\Delta r = \frac{R}{U_V / U'_V - 1} \cdot (\varepsilon_R + \varepsilon_k) + \Delta R_V = 57 \text{ кОм}.$$

Примечание: В данных расчётах используется значение $\varepsilon_R = 0,53\%$, приведённое в пункте 1 (способ 1). В зависимости от метода определения R , используемого оборудования и метода оценки погрешностей значения могут отличаться от авторских.