

В задаче не требуется оценка погрешностей!***Теоретическая справка***

Схема школьного двухпредельного миллиамперметра состоит из двух резисторов и измерительной головки. Резисторы имеют отличающиеся друг от друга сопротивления, меньшее из которых будем обозначать R_1 , большее – R_2 . Измерительная головка имеет свое сопротивление R_G . Измерительная стрелка отклоняется измерительной головкой на максимальное деление шкалы (6 мА и 60 мА в зависимости от выбранного предела) при протекании через головку тока I_{max} .

Эти элементы соединены некоторой схемой с тремя выводами. Выводы служат для подключения миллиамперметра в цепь и обозначены на его корпусе как «–», «6 мА», «60 мА».

Задание

Внимание! Запрещается использовать мультиметр в режиме амперметра и омметра.

Внимание! Перед началом выполнения работы запишите номинал, указанный на вашем резисторе!

1. Предположите теоретически схему соединения резисторов и измерительной головки внутри миллиамперметра. Кратко обоснуйте свое предположение.
2. Проведите и опишите опыт, доказывающий верность расположения измерительной головки в предложенной схеме.
3. Экспериментально определите величины сопротивлений резисторов R_1 и R_2 .
4. Теоретически получите, как должны быть связаны сопротивления резисторов R_1 и R_2 , если прибор корректно собран. Согласуется ли это значение с экспериментальными результатами?
5. Найдите сопротивление измерительной головки R_G и ток I_{max} .

Оборудование. Миллиамперметр, ограничивающий резистор с известным сопротивлением (номинал указан на резисторе), мультиметр в режиме вольтметра, батарейный отсек с батарейкой АА, соединительные провода.

Указание. Подавайте напряжение на миллиамперметр от батарейки только через ограничивающий резистор. Иначе резисторы внутри прибора могут сильно нагреться и изменить свое сопротивление или выйти из строя.

Решение

Устройство двухпредельного амперметра должно быть таким, что при подключении его в цепь только часть тока течет через измерительную головку, а остальная часть тока течет через резистор, подключенный к измерительной головке параллельно. При смене предела измерений должно меняться соотношение между частями тока, текущего через измерительную головку, и текущего через резистор. Последнее достигается за счет изменения сопротивления резистора. Однако такое буквальное восприятие требований к работе двухпредельного амперметра не может привести к его простой не коммутируемой схеме. Если предположить, что в на одном из пределов миллиамперметра один из резисторов может быть подключен к измерительной головке последовательно, то можно прийти к очень простой логичной схеме соединения элементов внутри миллиамперметра, изображенной на рисунке 1.

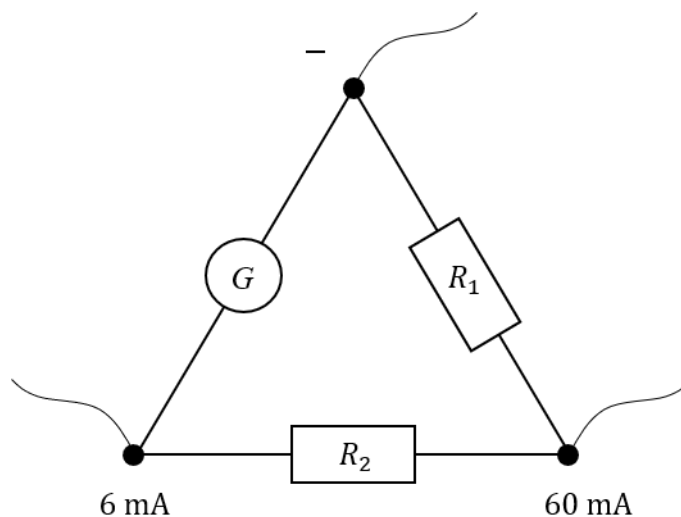


Рис. 1. Схема миллиамперметра. На схеме «G» – измерительная головка.

Для подтверждения правильного расположения измерительной головки подключим к выходам «-» и «60 мА» батарейку с ограничивающим резистором (см. рисунок 2). Стрелка миллиамперметра отклонится от нулевого положения. Замкнем контакты «-» и «6 мА» проводом и заметим, что стрелка прибора переместится в нулевое положение. Значит в этом случае измерительная головка оказалась замкнутой и ток через нее течь перестал.

Измерим при таком соединении напряжение на ограничивающем резисторе $U_R = 1201$ мВ и напряжение на миллиамперметре $U_a = 31.9$ мВ. В контрольном эксперименте сопротивление ограничивающего резистора было равно $R = 51.0$ Ом. В случае замкнутой измерительной головки сопротивление миллиамперметра определяется параллельным соединением резисторов R_1 и R_2 . Тогда можно записать уравнение определяющее связь измеренных величин:

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R \cdot \frac{U_a}{U_R}. \quad (1)$$

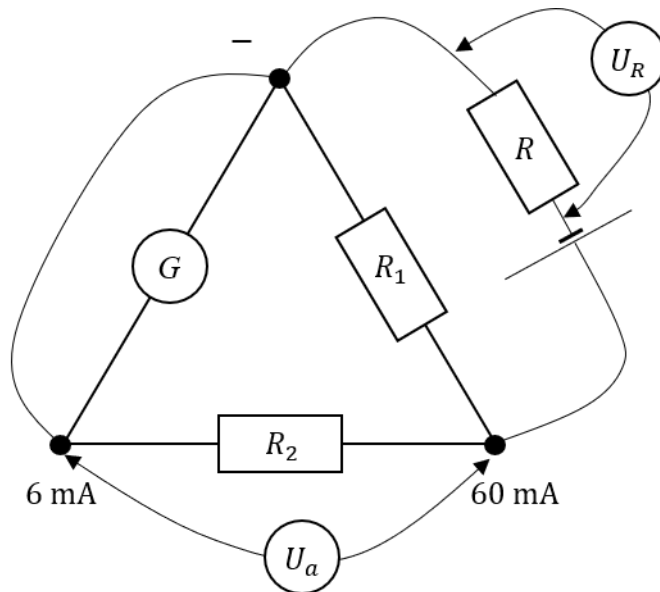


Рис. 2. Схема подключения амперметра для определения $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Чтобы составить второе уравнение для поиска сопротивлений R_1 и R_2 , подключим миллиамперметр к батарейке с ограничивающим резистором выводами «-» и «6 mA» (см. рисунок 3). Далее с помощью мультиметра определим напряжения на резисторах $U_1 = 26.7$ мВ и $U_2 = 239$ мВ. Отношение напряжений будет определяться отношением сопротивлений.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{U_2}{U_1} = 8.95. \quad (2)$$

Решив систему уравнений, найдем значения сопротивлений $R_1 = 1.50$ Ом и $R_2 = 13.4$ Ом.

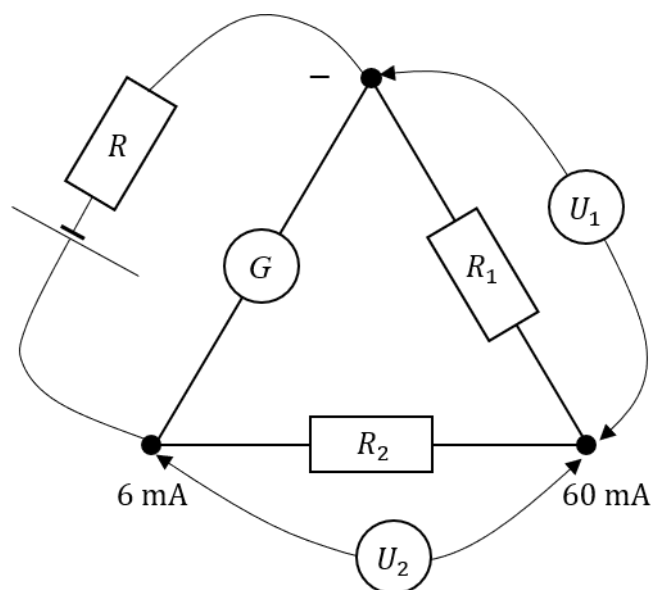


Рис. 3. Схема подключения амперметра для определения $\frac{R_2}{R_1}$

Получим теоретические выражения для связи сопротивлений R_1 и R_2 . При использовании миллиамперметра на пределе «60 мА» через измерительную головку течет ток I_{max} , когда через весь прибор протекает ток 60 мА. Тогда падение напряжения на всем приборе должно быть равным падению напряжения на ветке схемы, содержащей измерительную головку. Тогда в соответствии с законом Ома:

$$I_{max} \cdot (R_G + R_2) = 60 \text{ мА} \cdot \frac{(R_G + R_2) \cdot R_1}{R_G + R_1 + R_2}. \quad (3)$$

Аналогичное выражение можно записать в случае использования миллиамперметра на пределе измерений «6 мА»:

$$I_{max} \cdot R_G = 6 \text{ мА} \cdot \frac{(R_1 + R_2) \cdot R_G}{R_G + R_1 + R_2}. \quad (4)$$

Тогда, поделив выражение (3) на выражение (4) получаем:

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{60 \text{ мА}}{6 \text{ мА}} = 10. \quad (5)$$

Откуда для теоретического отношения сопротивлений получаем:

$$\frac{R_2}{R_1} = 9. \quad (6)$$

Видно, что теоретически рассчитанное значение хорошо сходится с полученным экспериментально.

Для определения сопротивления измерительной головки подключим миллиамперметр к батарейке с ограничивающим резистором контактами «-» и «60 мА» (см. рисунок 4). Измерим напряжения на измерительной головке $U_3 = 32.1$ мВ и на втором резисторе $U_4 = 3.6$ мВ. Отношение напряжений на этих элементах будет равно отношению их сопротивлений. Откуда сопротивление измерительной головки:

$$R_G = R_2 \cdot \frac{U_3}{U_4} = 120 \text{ Ом} \quad (7)$$

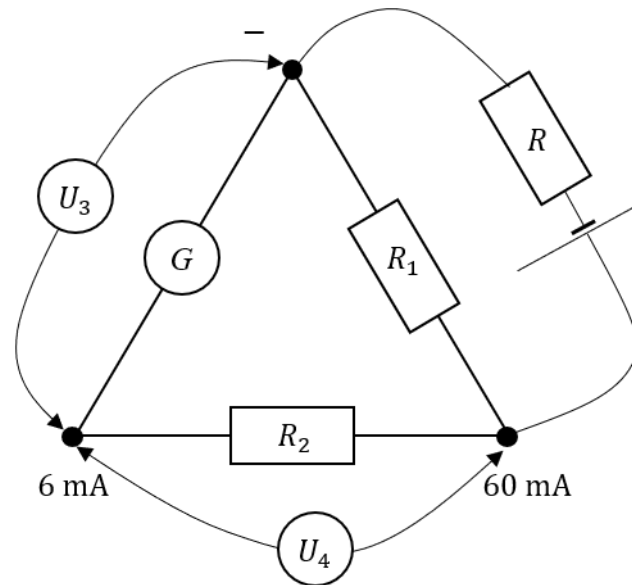


Рис. 4. Схема подключения амперметра для определения сопротивления измерительной головки.

Расчет номинального тока измерительной головки I_{max} проведем теоретически на основе формулы (4):

$$I_{max} = 6\text{mA} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_G} = 0.66 \text{mA}. \quad (8)$$