

Дополнительные указания к лабораторной работе 70.

Градуировка электроизмерительных приборов с помощью потенциометра, собранного из двух магазинов сопротивлений.

В данной лабораторной работе выполняется градуировка вольтметра и (или) амперметра. В предлагаемом варианте работы рассматривается градуировка только вольтметра. Градуировка состоит в получении таблицы или графика поправок к показаниям вольтметра.

Соберите схему, изображенную на рис.1.

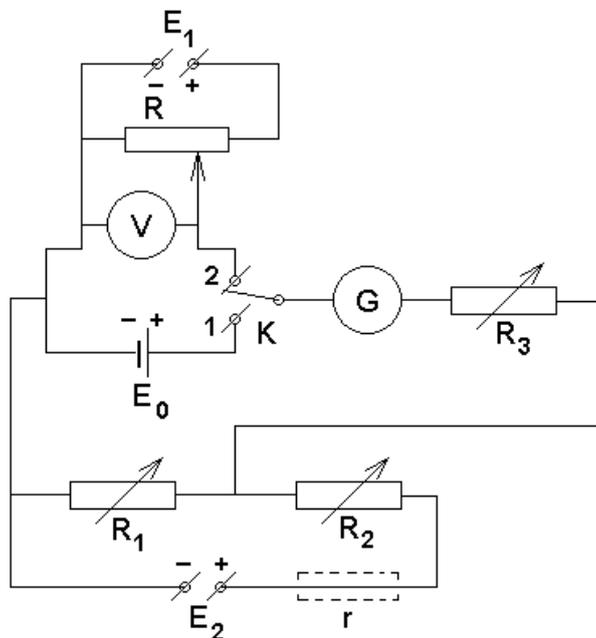


Рис. 1.

Здесь V — вольтметр, который нужно отградуировать; G — гальванометр для контроля отсутствия тока при достижении баланса схемы; E_0 — нормальный элемент с напряжением 1.018 Вольта; E_1 и E_2 — источники напряжения; R — потенциометр; R_1 , R_2 , R_3 — переменные резисторы в виде магазинов сопротивлений; r — необязательное сопротивление в сумме с внутренним сопротивлением источника E_2 .

В предлагаемой схеме более жесткие требования предъявляются к стабильности источника напряжения E_2 , чем источника E_1 . Если одним из источников напряжения является батарея, которая может заметно разряжаться за время работы, то ее следует подключить в качестве источника E_1 . Оба источника имеют сравнимые напряжения (3 – 4 Вольта), а необходимость в резисторе r есть только в том случае, когда $E_2 \gg E_1$.

С помощью потенциометра R на вольтметр V подается часть напряжения (равная U) от источника E_1 . Проведите измерения при 7 – 10 различных значениях напряжения U , которые по возможности соответствуют круглым числам по шкале вольтметра. При каждом значении напряжения и соответствующем положении движка потенциометра R измерения состоят в получении величины напряжения на вольтметре двумя способами. Первый способ (будем считать, что он менее точный) — снять показания U_1 по шкале вольтметра. Второй способ (нужен для проверки и градуировки вольтметра) состоит в расчете величины напряжения U_2 на том же вольтметре через величину эталонного напряжения нормального элемента E_0 и через величины сопротивлений магазинов высокого класса точности R_1 и R_2 .

Измерения для расчета напряжения U_2 на вольтметре производятся в два этапа. На каждом этапе добиваются нулевого тока через гальванометр. Сначала укажем идею измерений, которая состоит в том, что сначала (при ключе K в положении 1) Вы определяете точное значение силы тока I_2 в цепи E_2 , r , R_2 , R_1 через величину напряжения нормального элемента E_0 , а затем (при ключе K в положении 2) определяете U_2 как $I_2 \cdot R_1$.

Теперь от идеи перейдем к подробному изложению. Если в положении 1 ключа K ток через гальванометр G отсутствует (условие баланса), то напряжение нормального элемента E_0 в

точности совпадает с частью $\frac{R_1}{R_1 + R_2 + r}$ напряжения E_2 , что выполняется при условии $E_0 = I_2 * R_1$.

Достигнуть баланса можно или изменяя величину сопротивления R_1 или изменяя величину сопротивления R_2 . В данной работе предлагается изменять R_1 и R_2 одновременно, сохраняя неизменной сумму сопротивлений $R_1 + R_2$, например равной 9999.9 Ом. При сохранении суммы сопротивлений и нулевой величине тока в цепи гальванометра G сохраняется величина тока I_2 в цепи E_2, r, R_2, R_1 . Затем нужно аналогично сбалансировать схему в положении 2 ключа K . Заметим, что при этом способе балансирования сила тока I_2 не изменяется и останется такой же, какой была при балансировании ключа K в положении 1.

Начиная балансировать схему, нужно поставить максимальное значение сопротивления R_3 , чтобы защитить гальванометр G от перегрузки. По мере приближения к условию баланса нужно увеличивать чувствительность гальванометра путем уменьшения сопротивления R_3 вплоть до нуля.

Обсудим, как в процессе поиска баланса сохранять условие $R_1 + R_2 = 9999.9$ Ом. Ручку, соответствующую десяткам кило Ом, поставим в нулевое положение на обоих магазинах R_1 и R_2 . Ручку единиц кило Ом на магазине R_1 поставим в положение "3", а на магазине R_2 в дополнительное к нему положение "6". При этом сумма кило Ом оказывается равной 9-и. Аналогично сделаем равной 9-и сумму сотен Ом магазинов R_1 и R_2 , десятков Ом и т.д. Подбирая баланс, будем переключать ручки, например, сотен Ом двух магазинов одновременно в противоположные стороны. При этом сумма сопротивлений $R_1 + R_2$ остается постоянной, и для любого положения какой-либо ручки магазина R_1 всегда найдется дополнительное до 9-и положение соответствующей ручки на магазине R_2 .

И так, сначала в положении 1 ключа K , подбирая величину сопротивления R_1 (и соответствующее значение R_2), добиваемся баланса схемы — нулевого тока через гальванометр G . Затем переключаем K в положение 2 и, сохраняя условие $R_1 + R_2 = 9999.9$ Ом, синхронно изменяя сопротивления R_1 и R_2 , добиваемся баланса схемы в положении 2. В обоих положениях ключа K сила тока I_2 через сопротивление R_1 одна и та же. Если сопротивление магазина R_1 в этих случаях обозначим, как R_{11} и R_{12} , то $\frac{E_0}{R_{11}} = \frac{U_2}{R_{12}}$, так как оба отношения равны одной и той же силе тока I_2 .

Откуда рассчитанное U_2 значение напряжения на вольтметре V можно найти по формуле

$$U_2 = E_0 \cdot \frac{R_{12}}{R_{11}}.$$

По результатам измерений нужно составить таблицу и построить график $\delta U(U_1)$ поправок $\delta U = U_2 - U_1$ к показаниям вольтметра U_1 .

Показания вольтметра U_1	Величина R_{11} сопротивления магазина R_1 в положении 1 ключа K	Величина R_{12} сопротивления магазина R_1 в положении 2 ключа K	Рассчитанное значение $U_2 = E_0 \cdot \frac{R_{12}}{R_{11}}$ напряжения на вольтметре	Поправка к показаниям вольтметра $\delta U = U_2 - U_1$

Если напряжение источника E_2 не изменяется во времени, то R_{11} достаточно измерить один раз, так как от положения движка потенциометра R оно зависеть не должно. Поэтому допустимо измерять R_{11} не для каждой строки таблицы, а только два раза — для первой и последней строк, а для остальных строк считать, что R_{11} изменялось линейно от первого к последнему значению.