

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА «ФИЗИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

В. Х. Бурханов, И.Т. Бозоров

ЛАБОРАТОРИЯ №4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА С ПОМОЩЬЮ
МОСТИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Работа №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА С ПОМОЩЬЮ МОСТИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Принадлежности: реохорд, источник постоянного тока, гальванометр, магазин сопротивлений, набор исследуемых сопротивлений.

Теоретическое введение

В проводниках первого рода (металлах) при наличии электрического поля происходит упорядоченное движение свободных электронов между ионами кристаллической решетки. Это направленное движение электронов называют электрическим током I .

Электрический ток в проводнике называется также током проводимости, который характеризуется величиной, называемой силой тока.

Сила тока I – это скалярная величина, численно равная электрическому заряду, проходящему через поперечное сечение проводника за единицу времени; если за время dt , проходит заряд dq , то

$$I = \frac{dq}{dt}. \quad (1)$$

Если сила тока и его направление не изменяются с течением времени, ток называется постоянным. Единица силы тока – “ампер”. В системе СИ “ампер” является основной единицей и определение ее можно получить из закона взаимодействия двух параллельных бесконечно длинных проводников с током. “Ампер” (1А) – сила постоянного тока, который, протекая по двум бесконечно длинным параллельным прямолинейным проводникам малого сечения, расположенных на расстоянии 1м один от другого в вакууме, вызывает между этим проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на 1 м длины.

За единицу электрического заряда в системе СИ принимается “кулон”: 1Кл=1 А·с. Ток в проводниках возникает только в тех случаях, если в них имеются области, находящиеся при разных потенциалах. Возникающий при этом ток протекает до тех пор, пока потенциалы частей проводника не выравниваются. Сила тока, по закону Ома равна

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}, \quad (2)$$

здесь $(\varphi_1 - \varphi_2)$ – разность потенциалов на концах участка проводника; R – величина, характеризующая данный участок проводника и называемая сопротивлением. Согласно классической электронной теории, движение свободных электрических зарядов, создающее электрический ток, не происходит беспрепятственно. В металлических проводниках электроны проводимости сталкиваются с ионами, совершающими тепловые колебания около своих положений равновесия, теряют скорость упорядоченного движения и отдают этим частицам свою кинетическую энергию. Затем электроны снова разгоняются электрическим полем, снова сталкиваются с ионами и т.д. Вследствие этого уменьшается сила тока в проводниках. Сопротивлением проводника называют физическую величину, характеризующую свойство проводника затруднять прохождение тока.

Сопротивление зависит от материала проводника, его длины, поперечного сечения и температуры:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (3)$$

здесь ρ - удельное сопротивление проводника.

Единицу сопротивления можно определить по закону Ома. За единицу сопротивления в системе СИ принимают 1Ом, т.е. сопротивление такого проводника, по которому течет ток в 1А, если на его концах поддерживать напряжение в 1В.

Для измерения сопротивления проводников существуют различные методы. Одним из них является метод измерения сопротивления проводника при помощи амперметра и вольтметра. Но точность определения сопротивления по этому методу невелика.

Для более точного измерения сопротивлений употребляют метод сравнения сопротивлений, не требующий измерений тока и напряжения. Этот метод называется методом мостика постоянного тока (мостика Уитстона). Принципиальная схема мостика Уитстона показана на рис. 1. Измеряемое сопротивление R_x и три других переменных сопротивления R_0, R_1, R_2 включают так, чтобы они образовали замкнутый четырехугольник $ABC\bar{D}$. В одну диагональ четырехугольника включают микроамперметр либо гальванометр; этот участок и представляет собой «мостик». В другую диагональ через ключ K подключают источник тока \mathbf{E} . При замыкании ключа K , гальванометр $"G"$ в участке $B\bar{D}$ покажет наличие тока, но можно подобрать сопротивления, R_0, R_1 , и R_2 так, чтобы потенциалы точек B и \bar{D} были равны. В этом случае гальванометр регистрирует отсутствие тока. Положение, при котором потенциалы точек равны, т.е. $\varphi_B = \varphi_{\bar{D}}$, определяет равновесие мостика. При равновесии разность потенциалов на участке AB равна разности потенциалов на участке $A\bar{D}$ т.е.

$$\varphi_A - \varphi_B = \varphi_A - \varphi_{\bar{D}} \quad (4)$$

и соответственно

$$\varphi_B - \varphi_C = \varphi_{\bar{D}} - \varphi_C.$$

Выражения (4), пользуясь законом Ома, можно заменить на следующие $I_x R_x = I_1 R_1$ и $I_0 R_0 = I_2 R_2$, здесь в случае $I_G = 0$, имеем $I_x = I_0$, а $I_1 = I_2$. Разделив почленно первое равенство на второе, получим:

$$R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2}. \quad (5)$$

Таким образом, зная сопротивления R_0, R_1 и R_2 , можно по формуле (5) найти неизвестное сопротивление R_x .

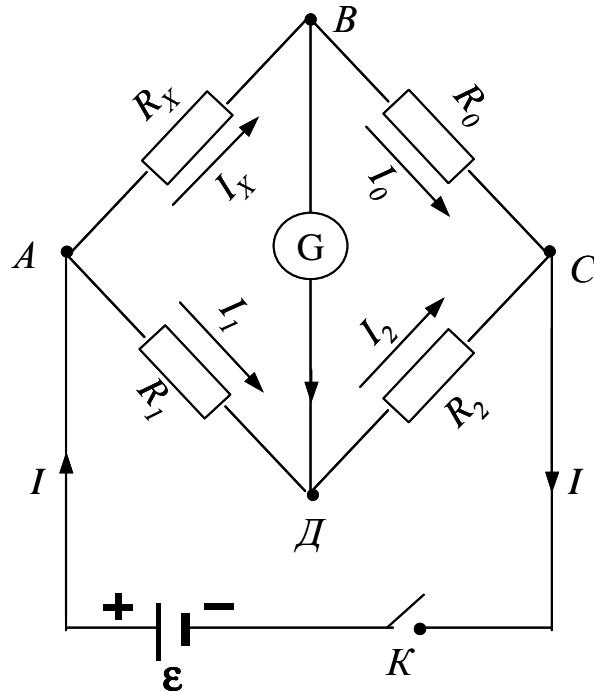


Рис.1

Формулу (5) можно вывести, исходя из законов Кирхгофа. Первый закон Кирхгофа формулируется следующим образом: алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю; причем токи, подходящие к узлу, берутся со знаком "+", а отходящие от узла берутся со знаком "-":

$$\sum_{i=3}^n I_i = 0. \quad (6)$$

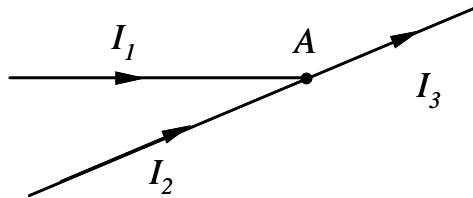


Рис.2

Формулу (6), для случая представленного на рис.2, можно записать в виде: $I_1 + I_2 - I_3 = 0$. Узлом называется точка, в которой сходится не менее трех проводников ($i \geq 3$). Второй закон Кирхгофа относится к замкнутым контурам, выбранным в сложной цепи. Для применения второго закона Кирхгофа предварительно выбирают направление обхода контура.

Если выбранное направление обхода контура совпадает с направлением тока в некотором сопротивлении R , то произведение IR берется со знаком "+", а при наличии э.д.с. в контуре, она берется со знаком "+", если потенциал повышается в направлении обхода, т.е. если при обходе мы "встречаем" сначала "минус", а затем "плюс" элемента, в противных случаях IR и ϵ

берутся со знаком "минус". Второй закон Кирхгофа можно записать в виде следующего выражения:

$$\sum_{j,K=1}^{m,n} I_j R_k = \sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i \quad (7)$$

Следовательно, для любого замкнутого контура сумма падений напряжений равна сумме электродвижущих сил источников тока в этом контуре. Применяя 1-ый закон Кирхгофа к узлам нашей схемы (рис.3), т.е. для точек A, B, D получим:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_X \quad (\text{для точки } A); \\ I_X &= I_g + I_0 \quad (\text{для точки } B); \\ I_2 &= I_1 + I_g \quad (\text{для точки } D). \end{aligned} \quad (8)$$

Применим второй закон Кирхгофа для контуров $ABDA$:

$$I_X R_X + I_G R_G - I_1 R_1 = 0$$

и $BCDB$:

$$I_0 R_0 + I_2 R_2 - I_G R_G = 0. \quad (9)$$

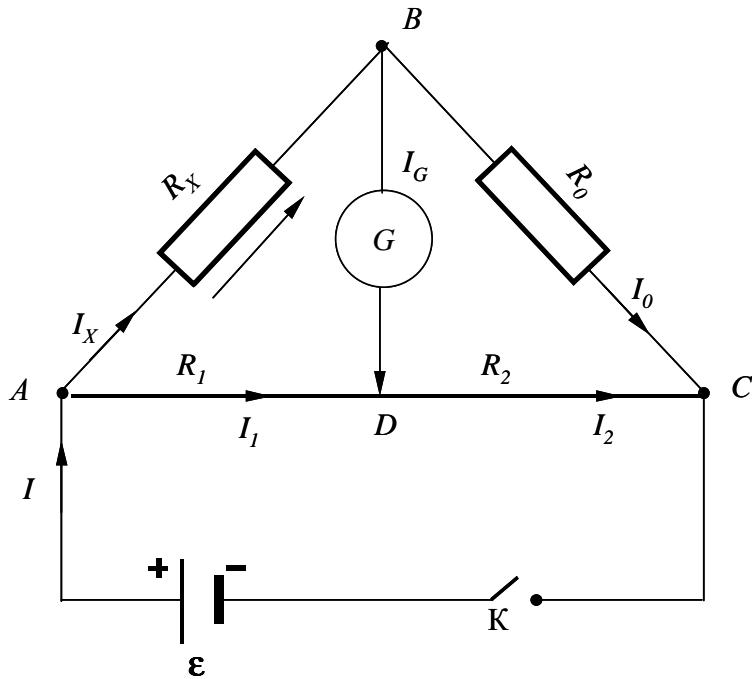


Рис.3

Чтобы получить формулу (5), исходя законов Кирхгофа, учтем, что ток через гальванометр $I_G = 0$. Тогда из второго и третьего уравнений системы (8) получим:

$$I_X = I_0, \quad I_1 = I_2, \quad (10)$$

а из системы уравнений (9) имеем

$$I_X R_X = I_1 R_1, \quad I_0 R_0 = I_2 R_2 \quad (11)$$

окончательно из уравнений (10) и (11) получим: $\frac{R_X}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}$ или

$R_X = R_0 \frac{R_1}{R_2}$, т.е. для R_X имеем то же выражение, что и формуле (5).

В настоящей работе мостик Уитстона (рис. 3) состоит из реохорда AC и двух сопротивлений, включенных в его плечи, а также микроамперметра (или гальванометра). Реохорд представляет собой укрепленную на линейке однородную проволоку, вдоль которой может перемещаться скользящий контакт D .

Сопротивления плечей R_1 и R_2 , согласно выражению (3), пропорциональны длинам реохорда l_1 (AD) и l_2 (BC) т.е. $R_1 = \rho \frac{l_1}{S}$, $R_2 = \rho \frac{l_2}{S}$. Тогда формула (5) преобразуется к виду $R_x = R_0 \frac{l_1}{l_2}$. В качестве R_0 берется сопротивление магазина сопротивлений, а l_1 и l_2 определяются по реохорду, при равновесии мостика ($I_G = 0$). Ошибки при измерении R_x будут минимальны, если плечи l_1 и l_2 мало отличаются друг от друга.

Порядок выполнения работы

1. Изучить схему. Подключить одно из неизвестных сопротивлений.
2. Помещая подвижной контакт D посередине проволоки реохорда, подбирают сопротивление R_0 магазина сопротивлений так, чтобы ток в микроамперметре примерно был равен нулю.
3. Путем небольшого передвижения контакта D , окончательно установить стрелку микроамперметра на нулевое деление и затем произвести определение плеч реохорда l_1 и l_2 .
4. Опыт повторяют три раза, передвигая движок D вправо и влево от середины на расстояние не более 10 см. За окончательный результат берут среднее значение.
5. Точно так же определяют второе неизвестное сопротивление.
6. Затем определяют общее сопротивление при последовательном и параллельном соединениях сопротивлений R_{x1} и R_{x2} , согласно формуле (5).
7. Сравнивают результаты, полученные из опыта со значениями, вычисленными по формулам: $R_x^1 = R_{x1} + R_{x2}$ (для последовательного включения) и $R_x^{11} = \frac{R_{x1} R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}$ (для параллельного соединения сопротивлений).
8. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу.

Таблица

Сопротивление	№	R_0	l_1	l_2	R_x	ΔR_x	$\frac{\Delta R_{Xcp}}{R_{Xcp}} \cdot 100\%$
R_{x1}	1. 2.						
R_{x2}	1. 2.						
R_x^1 I и II послед.	1. 2.						

R_x^{11}	1.						
I и II параллельно	2.						

Контрольные вопросы

1. Объясните наличие сопротивления проводника с точки зрения электронной теории.
2. Как зависит сопротивление проводника от размера, рода материала и температуры?
3. Объясните сущность метода измерения сопротивлений мостиком Уитстона.
4. Какими преимуществами обладает метод Уитстона по сравнению с методом амперметра и вольтметра?
5. Запишите законы Кирхгофа для различных контуров в мостиковой схеме.
6. Выведите условия равновесия мостика, используя законы Кирхгофа.
7. При каком соотношении плеч ошибки в измерении сопротивления будет минимальной?
$$R_x = R_0 \frac{l_1}{l_2} = R_0 \frac{l_1}{l - l_1}.$$

Литература

1. Н.Н. Майсова. Практикум по курсу общей физики. "Высшая школа" М., 1970 .
2. В.А.Кортнев. Практикум по физике. "Высшая школа", М, 1961.
3. И.В. Савельев. Курс общей физики, т.2., "Наука", М., 1978
4. Т.И. Трофимова. Курс физики. М., "Высшая школа", 1985 г.