
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Освоить приборы и методы измерения сопротивления проводников, определить удельное сопротивление проводника.

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1989. - §19.1
2. Калашников С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1977. - §§57-59.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Электрическое сопротивление характеризует противодействие проводника протеканию тока. Для постоянного тока согласно закону Ома

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Это активное сопротивление зависит от формы и размеров проводника:

$$R = \int_0^l \rho \frac{dl}{S} \quad (2)$$

Для однородного проводника с поперечным сечением S и длиной l

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Удельное электрическое сопротивление является характеристикой материала проводника. В соответствии с формулой (2) измерение величины ρ сводится к измерению сопротивления проводника постоянному току R и геометрических параметров проводника l и S .

В работе реализуют три метода измерения сопротивления проводника:

- 1) технический метод – по измеренным значениям тока и напряжения;
- 2) с использованием омметра;
- 3) с помощью моста Уитстона.

Технический метод можно осуществить по схеме, изображенной на рисунке 1. При этом точно измеряется ток I через сопротивление R и суммарное напряжение

$$U = U_R + U_A = IR + IR_A.$$

Это позволяет рассчитать неизвестное сопротивление R , если известно сопротивление амперметра R_A :

$$R = \frac{U}{I} - R_A \quad (3)$$

Использование омметра является наиболее простым методом: достаточно подключить измеряемое сопротивление к входам омметра.

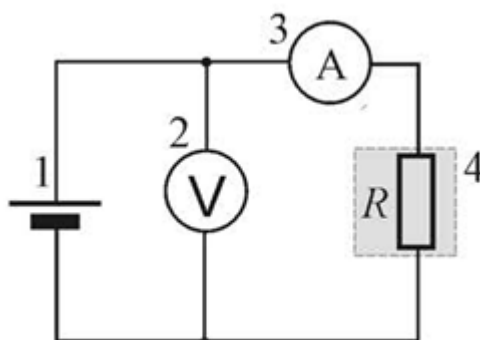


Рисунок 1. Электрическая схема: 1 – регулируемый источник постоянного напряжения «0...+15 В»; 2 – мультиметр (режим V --- 20В, входы COM, VΩ); 3 – мультиметр (режим A --- 200 мА, входы COM, mA); 4 – миниблок “Сопротивление проводника” с сопротивлением R .

В основе работы омметров обычно лежит приближенный технический метод: шкалу прибора градуируют с использованием формулы (3) при фиксированном напряжении U батареи элементов. Этот метод используют, когда не нужна высокая точность измерений.

Наиболее точным является метод измерений с помощью моста постоянного тока. Измерительные мосты – высокоточные приборы, предназначенные для измерения электрических сопротивлений, емкостей, индуктивностей и других параметров методом уравновешенных мостовых цепей. На рисунке 2 приведена схема простейшего моста Уитстона, который используется для измерения величин сопротивлений.

Подбирая значение сопротивления R_M , добиваются равенства потенциалов точек a и b , при этом ток I_a , текущий через амперметр, обращается в нуль. В таком уравновешенном состоянии для моста можно записать

$$I_M R_M = I_1 R_1; IR = I_2 R_2; \quad I_M = I; \quad I_1 = I_2$$

Используя эти соотношения, получаем расчетную формулу:

$$R = R_M \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad (4)$$

Для ограничения тока, протекающего через мост, используют ограничительное сопротивление R_0 .

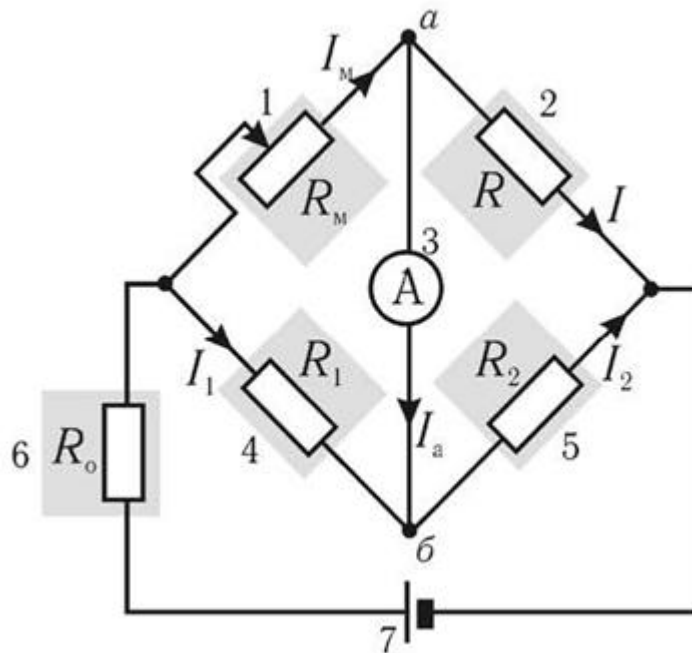


Рисунок 2. Электрическая схема простейшего моста Уитсона: 1 – магазин сопротивлений с сопротивлением R_M ; 2 – миниблок «Сопротивление проводника» с сопротивлением R ; 3 – мультиметр; 4 – миниблок «Сопротивление» с сопротивлением $R_1=100$ Ом; 5 – миниблок «Сопротивление» с сопротивлением $R_2=10$ Ом; 6 – миниблок «Сопротивление» с сопротивлением $R_0=470$ Ом; 7 – источник стабилизированного постоянного напряжения «0...+15В».

4. ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

1. Миниблок «Сопротивление проводника»
2. Регулируемый источник постоянного напряжения
3. Мультиметры
4. Магазин сопротивлений
5. Миниблоки «Сопротивление».

5. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Технический метод и метод измерения с помощью омметра.

Электрическая схема технического метода показана на рисунке 1, монтажная – на рисунке 3.

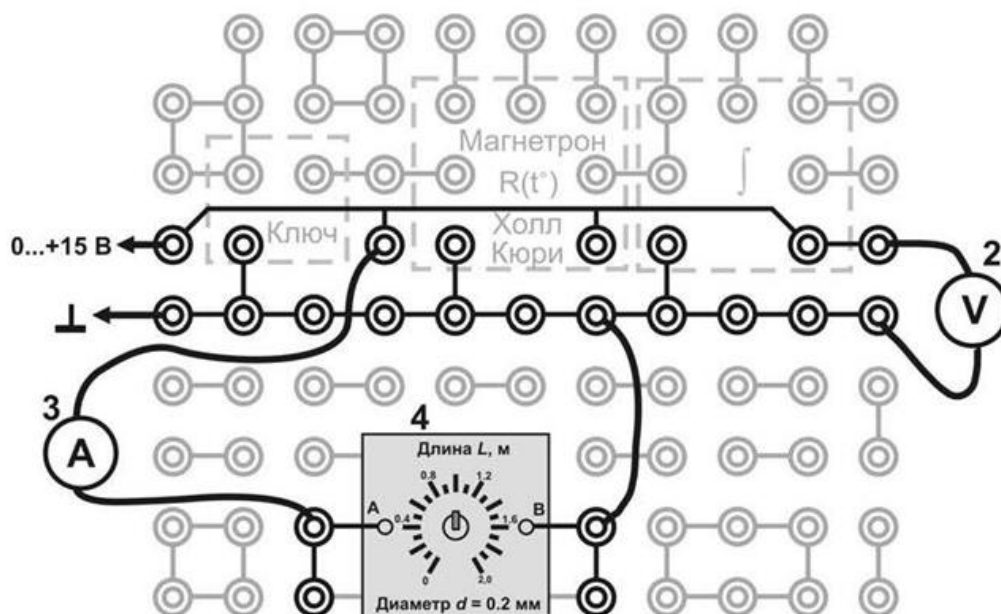


Рисунок 3. Монтажная схема для измерения техническим методом. Обозначения 2,3,4 соответствуют обозначениям на рисунке 1.

Метод измерения с помощью моста Уитсона

Электрическая схема моста Уитстона показана на рисунке 2, а монтажная – на рисунке 4.

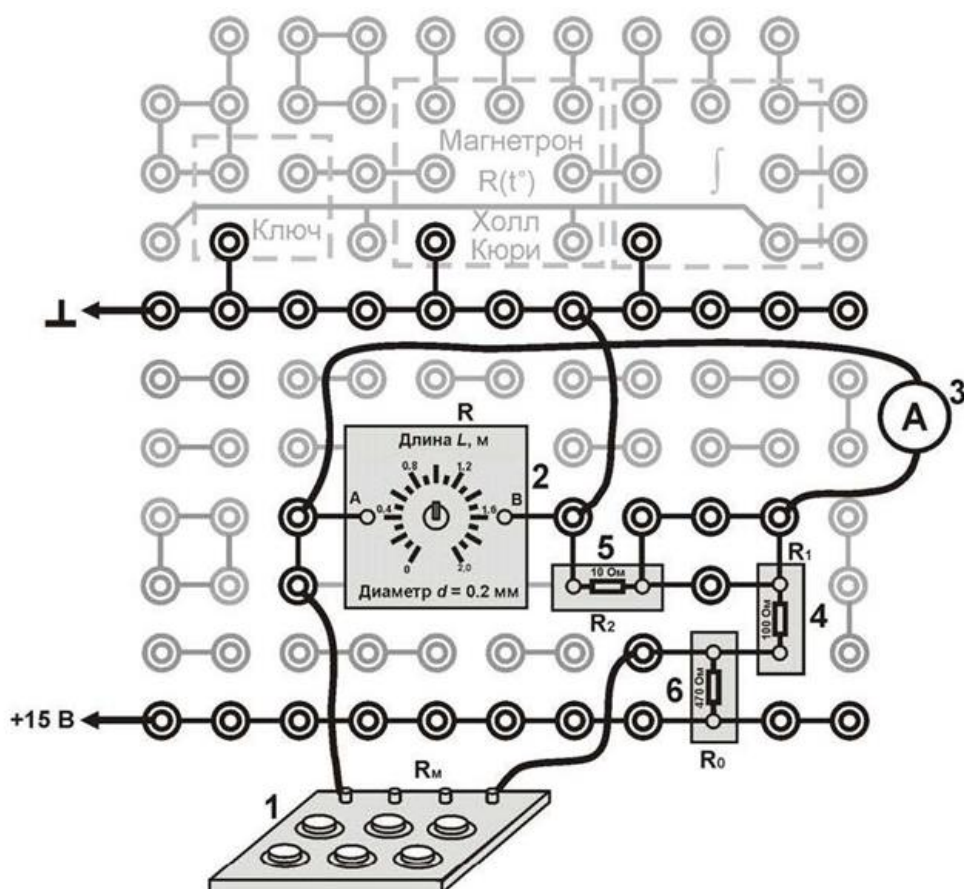


Рисунок 4. Монтажная схема для измерения с помощью моста Уитстона. Обозначения 1,2,3,4,5,6 соответствуют обозначениям на рисунке 2

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выполнение измерений.

а) технический метод

1. Соберите электрическую цепь по монтажной схеме. Подключение следует производить к блоку «Регулируемый источник постоянного напряжения».

2. Включите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжения и блока мультиметров. Нажмите кнопку «Исходная установка».

3. Кнопками «Установка напряжения» «0...15В» установите ток $I \approx 10 \text{ мА}$. На мультиметре, работающем в режиме вольтметра установить режим $V \cdots 20\text{В}$, входы COM, $V\Omega$, на мультиметре, работающем в режиме амперметра, режим $A \cdots 200 \text{ мА}$, входы COM, mA. Значения тока и напряжения запишите в таблицу.

4. Проведите аналогичные измерения, увеличивая ток на каждом шаге на $\approx 10 \text{ мА}$ до достижения значения $\approx 50 \text{ мА}$.

5. Выключите кнопкой «Сеть» питание блока генераторов напряжений.

б) Измерение омметром

6. Подключите омметр к миниблоку «Сопротивление проводника». В качестве омметра используют мультиметр: режим $\Omega 200 \text{ Ом}$, входы COM, $V\Omega$.

7. Установите требуемый режим и диапазон измерения.

8. Запишите показания прибора в таблицу.

в) Измерение мостом Уитстона

9. Соберите монтажную схему (см. рисунок 4) по схеме (см. рисунок 2). Магазин сопротивлений необходимо подключать с максимальным диапазоном.

10. Включите кнопкой «Сеть» питание блока генераторов напряжений. Нажмите кнопку «Исходная установка». Нажмите кнопку «Исходная установка», а после этого, по заданию преподавателя, установите входное напряжение на источнике.

11. Установите все декады магазина сопротивлений в нулевое положение.

12. Подберите такое сопротивление магазина R_m , при котором показания амперметра будут находиться вблизи нуля:

а) начните с декады с наибольшим сопротивлением;

б) увеличьте сопротивление декады на одно значение;

в) если ток, текущий через амперметр, уменьшился, но не изменил знак, то продолжайте увеличивать сопротивление декады;

г) как только знак тока изменится на противоположный, то сопротивление магазина больше сопротивления исследуемого проводника и переключатель следует вернуть в предыдущее положение, после чего перейти к подбору сопротивления следующей декады;

д) подбирайте сопротивление R_M на декадах магазина до тех пор, пока показание амперметра не будет равно нулю. Запишите полученное сопротивление R_M в таблицу.

13. Выключите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжения и блока мультиметров.

Таблица 1.

Геометрические параметры проводника				
L= _____ мм; d= _____ мм; S=πd ² /4= _____ мм ²				
Технический метод R _A =3 Ом			Измерение омметром	Мостовой метод R ₁ =100 Ом, R ₂ =10 Ом
I, мА	U, В	R _i , Ом	R, Ом	R _M = ... Ом
				R= ... Ом
Среднее сопротивление		<R>=... Ом		
		R=... Ом		

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Рассчитайте сопротивление проводника R при техническом методе измерения (см. формулу 3):

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \dots \text{Ом}, \quad \langle R \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N} = \dots \text{Ом}, \quad R = \langle R \rangle - R_A = \dots \text{Ом}$$

Результаты расчетов запишите в таблицу.

2. Вычислите по формуле (4) сопротивление проводника R , измеряемого с помощью моста:

$$R = R_M \frac{R_2}{R_1} = \dots \text{Ом}$$

Результат с точностью до трех значащих цифр запишите в таблицу.

3. Рассчитайте удельное сопротивление проводника:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} = \dots \text{Ом} \cdot \text{м}$$

используя значение R , полученное наиболее точным методом – мостовым.

Определите материал проводника, сравнив полученное значение ρ с табличными значениями для проводников. По полученным результатам сделайте вывод, не забудьте указать источник справочной информации.

4. Оцените погрешности δ_R измеренных величин:

а) в техническом методе по разбросу полученных значений:

$$\Delta R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2}, \quad \delta_R = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100\%$$

б) для омметра погрешность при измерениях составляет 1%;

в) при использовании моста погрешность ΔR составляет 0,5 единицы последнего записанного разряда числа; например, для результата измерений $R=8,37$ Ом величина $\Delta R=0,005$ Ом и соответствующая ей $\delta_R=0,06\%$.

5. В выводе по работе сравните результаты, полученные различными методами измерений, и сопоставьте точность этих методов.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От каких величин зависит электрическое сопротивление проводника?
2. Укажите формулу для расчета сопротивления по размерам проводника.
3. От каких величин зависит удельное сопротивление проводника?
4. Назовите методы измерений сопротивления проводника.
5. Запишите формулы для определения сопротивления проводника в техническом методе. Какие величины измеряют в этом методе?
6. Что лежит в основе работы цифрового мультиметра (омметра)?
7. Укажите режим работы цифрового мультиметра при измерении сопротивления.
8. Запишите условия равновесия для моста Уитстона.
9. По какой формуле определяют сопротивление при измерении мостом?
10. Как оценивают погрешности измерений, выполняемых в работе?
11. Какие из используемых в работе методов являются более точными, а какие – приближенными?