

Лабораторная работа № 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА

ЦЕЛЬ: освоить приборы и методы измерения сопротивления проводников, определить удельное сопротивление проводника.

ОБОРУДОВАНИЕ: миниблок «Сопротивление проводника», регулируемый источник постоянного напряжения, мультиметры, магазин сопротивлений, миниблоки «Сопротивление».

Введение

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

$$R = U/I \quad (1)$$

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

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

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 .

Методы измерений

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 рис. 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 :

$$R = \frac{U}{I} - R_A \quad (4)$$

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

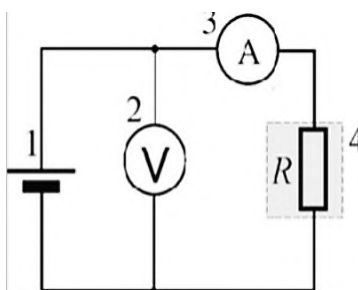
Рис. 1. Электрическая схема:

1-регулируемый источник постоянного напряжения «0...+15 В»;

2-мультиметр (режим V_{Ω} 20В, входы COM, V_{Ω});

3-мультиметр (режим A_{Ω} 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 – это высокоточные приборы, предназначенные для измерения электрических сопротивлений, емкостей, индуктивностей и других параметров методом уравновешенных мостовых цепей. На рис. 2 приведена схема простейшего моста Уитстона, который используется для измерения величин сопротивлений.

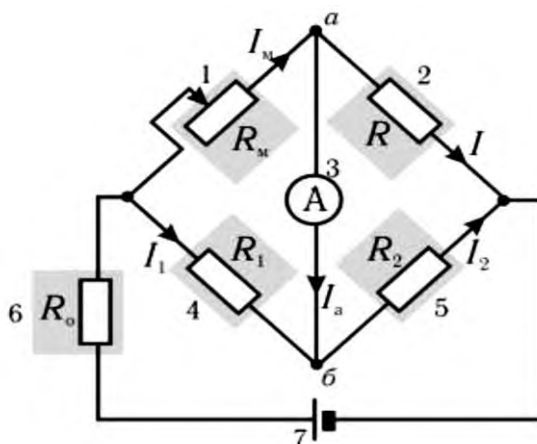


Рис. 2. Электрическая схема простейшего моста Уитстона:

1 – магазин сопротивлений с сопротивлением R_m ;

2 – миниблок «Сопротивление проводника» с сопротивлением R ;

3 – мультиметр;

4 – миниблок «Сопротивление» с сопротивлением $R_1 = 100 \text{ Ом}$;

5 – миниблок «Сопротивление» с сопротивлением $R_2 = 10 \text{ Ом}$;

6 – миниблок «Сопротивление» с сопротивлением $R_0 = 470 \text{ Ом}$;

7 – источник стабилизированного постоянного напряжения «+15 В»

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:

$$I_M R_M = I_1 R_1; IR = I_2 R_2; I_M = I_1; I_1 = I_2.$$

Используя эти соотношения, получаем расчетную формулу:

$$R = R_M R_2 / R_1 \quad (5)$$

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

Описание установки

Технический метод и метод измерения с помощью омметра

Электрическая схема технического метода показана на рис.1, монтажная - на рис.3

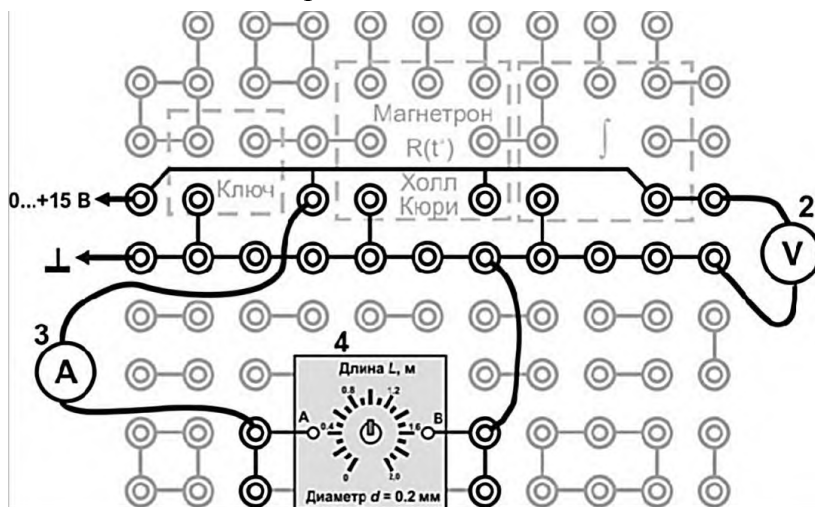


Рис. 3. Монтажная схема: 2,3,4 – см. на рис. 1

Метод измерения с помощью моста Уитстона

Электрическая схема моста Уитстона показана на рис. 2, монтажная - на рис. 4.

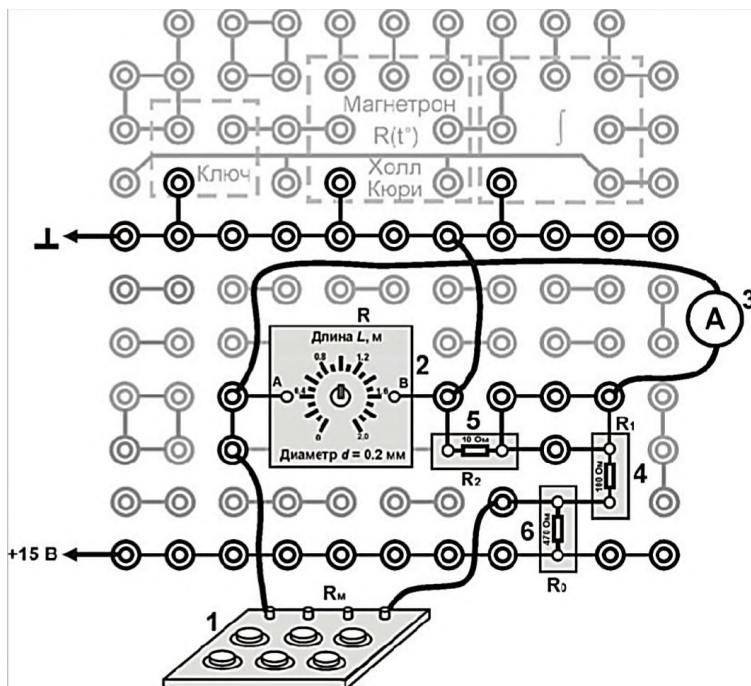


Рис. 4. Монтажная схема: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – см. рис. 2

Порядок выполнения работы

Выполнение измерений

а) Технический метод

1. Соберите электрическую цепь (см. рис. 1) по монтажной схеме, приведенной на рис. 3.
2. Включите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжения и блока мультиметров. Нажмите кнопку «Исходная установка» (поз. 19, см. рис. 1 на стр. 93).

3. Кнопками установки напряжения «0...15 В» (поз.14, рис. 1, стр. 93) установите ток $I \approx 10\text{мА}$. Значения тока и напряжения запишите в таблицу.
4. Проведите аналогичные измерения увеличивая ток на $\sim 10\text{ мА}$ до 50мА .
5. Выключите кнопкой «Сеть» питание блока генераторов напряжений.

Таблица1

Геометрические параметры проводника $l = \quad \text{мм}; d = \quad \text{мм}; S = \pi d^2/4 = \quad \text{мм}^2$				
Технический метод $R_A = 9,2\text{ Ом}$			Измерение омметром	Мостовой метод $R_1 = 100\text{ Ом},$ $R_2 = 10\text{ Ом}$
$I, \text{ мА}$	$U,$ В	$R_i, \text{ Ом}$	$R, \text{ Ом}$	$R_M = \dots \text{ Ом}$
				R $= \dots \text{ Ом}$
Среднее сопротивление		$R_{\text{ср}}$ $= \dots \text{ Ом}$		
		R $= \dots \text{ Ом}$		

б) Измерение омметром

1. Подключите омметр к миниблоку «Сопротивление проводника» (см с. 15). В качестве омметра используют мультиметр: режим Ω :200 Ом, входы COM, $V\Omega$.
2. Установите требуемый режим и диапазон измерения.
3. Запишите показания прибора в таблицу.

в) Измерение мостом Уитстона

4. Соберите монтажную схему (см. рис.4) по схеме (см. рис.2).
5. Включите кнопкой «Сеть» питание блока генераторов напряжений. Нажмите кнопку «Исходная установка» (поз. 19, см. рис. 1 на стр. 93).
6. Установите все декады магазина сопротивлений в нулевое положение.
7. 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.

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

Обработка результатов измерения

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

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \dots \text{ Ом}; R_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i = \dots \text{ Ом}; R = R_{\text{ср}} - R_A$$

Результаты расчетов запишите в таблицу.

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

$$R = R_m R_2 / R_1 = \dots \text{ Ом}$$

Результат с точностью до трех значащих цифр запишите в таблицу.

3. Рассчитайте удельное сопротивление проводника:

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

используя значение сопротивление 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:

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

б) для омметра см. стр. 99;

в) при использовании моста погрешность ΔR составляет 0,5 единицы последнего записанного разряда числа; например,

для результата измерений $R = 8,37 \text{ Ом}$ величина $\Delta R = 0,005 \text{ Ом}$ и соответствующая ей $\delta_R = 0,06\%$.

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

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?