

Работа 3.3

Измерение сопротивлений мостовым методом

Оборудование: источник постоянного тока, реохорд, два магазина сопротивлений, гальванометр, двойной ключ, резисторы с неизвестными сопротивлениями, соединительные провода.

Введение

Существует несколько методов определения сопротивления проводников. Одним из них является метод моста постоянного тока (мост Уитстона). Для него характерны точность измерений, высокая чувствительность и независимость результатов измерения от величины напряжения питания, что обеспечивает его широкое практическое применение.

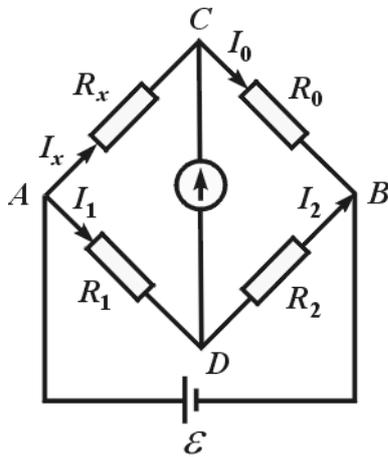


Рис. 3.7

Мостовой метод основан на сравнении величин измеряемого сопротивления R_x и известного сопротивления R_0 . Измеряемое сопротивление R_x и три других переменных сопротивления R_0 , R_1 и R_2 соединяются так, что они образуют замкнутый четырехугольник $ACBDA$ (рис. 3.7), в одну диагональ которого включен источник питания ε , а в другую — гальванометр. Очевидно, что в точке D потенциал имеет промежуточное значение между потенциалами точек A и B . Поэтому, если изменять сопротивления R_1 и R_2 , можно добиться того, что потенциал точки D будет равен потенциалу точки C . При этом

ток в гальванометре будет равен нулю. Состояние, когда ток в гальванометре отсутствует, называют *равновесием моста*.

При равновесии моста $\varphi_C = \varphi_D$, поэтому $R_x I_x = R_1 I_1$, $R_0 I_0 = R_2 I_2$, откуда с учетом того, что $I_1 = I_2$ и $I_x = I_0$, имеем:

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}, \text{ или } R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2}. \quad (1)$$

Выражение (1) позволяет определить сопротивление R_x , если R_0 , R_1 и R_2 известны.

В этой работе сопротивлением R_0 служит магазин сопротивлений Р-33. Двумя другими сопротивлениями являются плечи реохорда — калиброванного проводника, натянутого вдоль миллиметровой шкалы, по которому скользит

подвижный контакт. Сопротивления R_1 и R_2 плеч реохорда пропорциональны их длине l_1 и l_2 :

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{S}, \quad R_2 = \rho \frac{l_2}{S},$$

и поэтому

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}. \quad (2)$$

С учетом соотношения (2) формула (1) принимает вид:

$$R_x = R_0 \frac{l_1}{l_2}. \quad (3)$$

Таким образом, процесс измерения сопротивления R_x сводится к установке на магазине сопротивления R_0 и отысканию на реохорде такого положения подвижного контакта, при котором ток в гальванометре будет равен нулю.

Целью работы является изучение метода измерения сопротивлений проводников с помощью моста постоянного тока.

Описание установки и метода. Практическая измерительная схема приведена на рис. 3.8. При замыкании ключа K_1 аккумулятор \mathcal{E} подключается к реохорду AB и в разветвлениях цепи возникают токи. В качестве индикатора тока используется гальванометр магнитоэлектрической системы с ценой деления шкалы порядка 10^{-7} А/дел. Нулевое деление шкалы находится на ее середине и стрелка гальванометра может отклоняться от этого деления в обе стороны.

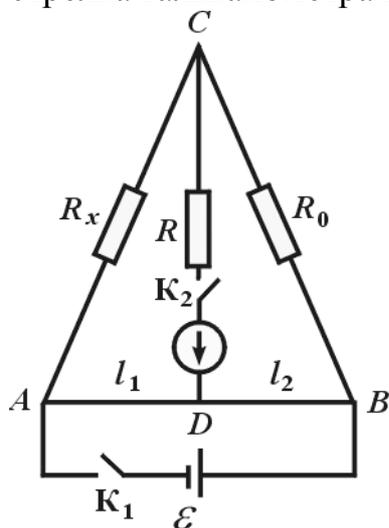


Рис. 3.8

Гальванометр включается с помощью ключа K_2 , который закреплен на одной подставке с ключом K_1 таким образом, что после нажатия на него сначала замыкаются контакты K_1 , а затем K_2 . Размыкание контактов происходит в обратном порядке. Такой прибор называется *двойным ключом*. Использование в схеме двойного ключа позволяет включать гальванометр только после того, как в схеме установится стационарный режим. Это требование обусловлено тем, что в моменты замыкания и размыкания цепи, содержащей источник ЭДС, возникают экстратоки замыкания и размыкания, которые могут перегружать гальванометр.

Чтобы избежать нагревания резисторов при протекании по ним токов и изменения их сопротивлений, необходимо держать мост под током только на протяжении короткого промежутка времени. Поэтому ключи K_1 и K_2 замыкают только на короткое время. С целью ограничения величины тока, проходящего через гальванометр, пока схема еще не уравновешена, последовательно с гальванометром включен магазин сопротивле-

ний R , на котором устанавливается сопротивление 30 кОм. По мере достижения равновесия моста сопротивление магазина R можно постепенно уменьшать до нуля. Это дает возможность избежать гальванометр от перегрузок и обеспечить обнаружение малых токов при незначительном отклонении состояния моста от равновесия.

Порядок выполнения работы

1. Соберите схему в соответствии с рис. 3.8. Подготовьте к работе гальванометр. Переключатель пределов измерения поставьте в положение «x10». В качестве резистора с неизвестным сопротивлением возьмите R_{x1} . На магазине R установите сопротивление 30 кОм. Подвижный контакт реохорда поставьте в среднее положение. На магазине R_0 установите сопротивление несколько десятков Ом. Замкните на короткое время двойной ключ и наблюдайте за стрелкой гальванометра.

2. Изменением величины сопротивления R_0 достигните минимального отклонения стрелки гальванометра.

3. Уравновесьте мост перемещением подвижного контакта реохорда.

4. Если при замыкании двойного ключа стрелка гальванометра не отклоняется, необходимо уменьшить сопротивление магазина R и опять уравновесить мост. Делать это нужно до того времени, пока сопротивление магазина R не станет равным нулю, а мост уравновешенным.

5. По формуле (3) определите сопротивление R_{x1} и погрешность измерений.

6. Вместо сопротивления R_{x1} включите сопротивление R_{x2} и определите его величину и погрешность измерений.

7. Измерьте сопротивления при последовательном R'_x и параллельном R''_x соединениях R_{x1} и R_{x2} . Проверьте результаты измерений, используя формулы:

$$R'_x = R_{x1} + R_{x2}; \quad (4)$$

$$R''_x = \frac{R_{x1}R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}. \quad (5)$$

8. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	R_0 , Ом	l_1 , мм	l_2 , мм	R_{x1} , Ом	R_{x2} , Ом	R'_x , Ом		R''_x , Ом	
						Экспер.	Выч.	Экспер.	Выч.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Измените измерительную схему на рис. 3.8 так, чтобы можно было определить внутреннее сопротивление гальванометра.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими преимуществами отличается мостовой метод измерений сопротивлений от иных методов?

2. При каком условии можно считать, что $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$?

3. Чем обусловлено использование в работе гальванометра с нулем на середине шкалы?

4. Почему в работе используется двойной ключ?

5. Выведите формулу (3).

6. Докажите, что погрешность измерений сопротивления будет минимальной, если $l_1 = l_2$.

7. Выведите формулы (4) и (5).

8. С какой целью последовательно с гальванометром включается магазин сопротивлений R ?

9. Почему мост можно держать под током на протяжении короткого интервала времени?

10. Оказывает ли воздействие чувствительность гальванометра на точность измерений сопротивления?