

експериментальної діяльності, благодаря которым они становятся способными в рамках полученных знаний решать познавательные задания средствами физического эксперимента.

Ключевые слова: компетентносний похід, фізический експеримент, експериментальні задачі, самодельні прилади, оцінювання експериментальних умінь.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Вовкотруб Віктор Павлович – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка.

Коло наукових інтересів: проблеми навчального середовища з фізики.

УДК 53 (077)

Т.П. Желонкина, С.А. Лукашевич, Е.Б. Шершнёв

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОСТИКА УИТСТОНА

У статті проводиться дослідження містка Уитстона в лабораторній роботі по визначенню невідомого опору. На основі роботи даного містка вивчається точність і відносна похибка при вимірюванні опору. При визначенні опору застосовуються правила Кірхгофа.

Ключові слова: опору, потенціал, правило Кірхгофа, електричний струм, похибка, гальванометр.

Постановка проблемы. Одним из применений правил Кирхгофа является измерение сопротивлений на основе универсальных мостов постоянного тока, принцип действия которых основан на условии равновесия моста Уитстона (Рисунок 1). Мостик Уитстона представляет собой схему, употребляемую для сравнения некоторого неизвестного сопротивления R_x с известным сопротивлением R_2 [1].

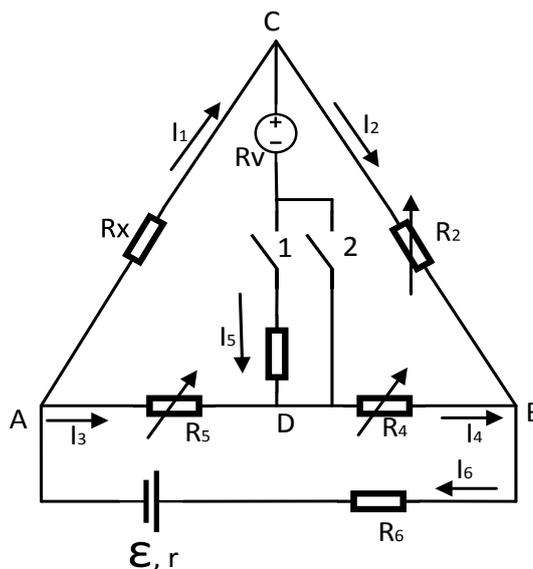


Рисунок 1 -- Схема мостика Уитстона

Однако при использовании моста Уитстона возникает вопрос: с какой точностью можно измерить сопротивление R_x , если эталонные сопротивления R_2 , R_3 и R_4 подобраны с

достаточной точностью, а между точками Д и С имеется гальванометр известного внутреннего сопротивления R_v , достаточно чувствительный, хотя и не очень точный.

Основное содержание статьи. В лаборатории „Электричество и магнетизм” нами поставлена лабораторная работа с данным названием, где освещается, как, изучая мостик Уитстона, на опыте достигается требуемая точность и относительная погрешность. Используя полученную формулу (7), убеждаемся в правильности этой формулы и тем самым выясняем причины погрешностей, которые возникают при измерении сопротивления.

Известно [2], что условия равновесия мостика достигается тогда, когда потенциалы в точке Д и С равны $U_c = U_d$, т.е. электрический ток через гальванометр не проходит и тогда $R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4}$.

Одна из причины погрешностей в том, что равенство $U_c = U_d$ достигается с определённой погрешностью и зависит от чувствительности гальванометра, его цены деления и внутреннего сопротивления.

Пусть цена деления гальванометра в единицах напряжения равна С. Тогда при нахождении равновесия можем достичь $|U_c - U_d| \leq C$. Как это влияет на окончательный результат, можно показать, исследуя случаи, когда $U_c > U_d$ и $U_c - U_d = C$.

Тогда $I_5 = \frac{C}{R_v}$. Применяя правила Кирхгофа, получаем

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + \frac{C}{R_v} \\ I_2 = I_4 - \frac{C}{R_v} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} I_1 R_x = I_3 R_3 - C \\ I_1 R_2 = I_4 R_4 + C \end{cases} \quad (2)$$

После преобразований формул получаем

$$R_x = \frac{(I_3 R_3 - C) I_2 R_2}{(I_4 R_4 + C) I_1} \quad (3)$$

$$R_x = \frac{R_2 R_3 (1 - \frac{C}{I_3 R_3}) (1 - \frac{C}{I_4 R_v})}{R_4 (1 + \frac{C}{I_4 R_4}) (1 - \frac{C}{I_2 R_v})} \quad (4)$$

Если $C \rightarrow 0$, тогда погрешность определения R_x зависит от точности класса эталонных сопротивлений и

$$\frac{\Delta R'_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_3}{R_3}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_4}{R_4}\right)^2} \quad (5)$$

Но $C \neq 0$. При этом возникает дополнительная погрешность $\Delta R''_x$, величина которой, если чувствительность прибора достаточна, всегда $\ll R_x$. После ряда преобразований формулы (4) с учетом, что $C^2 \ll 1$, получаем

$$\frac{\Delta R'_x}{R_x} = C \left(\frac{1}{I_3 R_3} + \frac{1}{I_4 R_4} + \frac{1}{I_4 R_v} + \frac{1}{I_2 R_v} \right) \quad (6)$$

где $\Delta R''_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} - R_x$ и $R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4}$. Не теряя точности $I_3 \approx I_4 \approx \frac{U_{AB}}{R_2 + R_x}$, получаем, что относительная погрешность

$$\frac{\Delta R''_x}{R_x} \approx \frac{C}{U_{AB}} \left(2 + \frac{R_3}{R_4} + \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_x + R_2 + R_3 + R_4}{R_v} \right) \quad (7)$$

Если $R_{AB} \gg R_6 + r$, то $U_{AB} \approx \varepsilon$.

Формула (7) тем полезна, что даёт возможность определить, какой из имеющихся приборов целесообразно выбрать, и какого соотношения сопротивлений надо добиться при

измерении сопротивления R_x . Из этой формулы (7) следует, что относительная погрешность будет тем меньше, чем больше Э.Д.С. источника и чувствительность гальванометра.

Кроме того при использовании гальванометра меньшей чувствительности, но большего R_v , можно уменьшить погрешность, если измеряемое сопротивление больше. Из исследований вытекает, что при изменении R_x минимальную погрешность получаем в том случае, когда соотношения $\frac{R_3}{R_4}$ и $\frac{R_2}{R_4}$ оптимальны. Например, если $R_x \ll R_v$ и $R_x \gg R_6$, то оптимальный случай -- при $R_x = R_2 = R_3 = R_4$. Тогда

$$\frac{\Delta R'_x}{R_x} \approx \frac{4C}{\varepsilon}$$

Из последней формулы можно установить оптимальный режим измерения, а погрешность определить опытным путём. Полученную погрешность надо сложить с погрешностью, которая зависит от погрешностей эталонных сопротивлений:

$$\Delta R_x = \sqrt{(\Delta R'_x)^2 + (\Delta R''_x)^2} \quad (8)$$

Выводы. В ходе выполнения работы, студенты учатся находить неизвестные сопротивления, определять абсолютную и относительную погрешности измерений. На основе правил Кирхгофа и мостика Уитстона можно измерять ёмкость конденсаторов и индуктивность катушки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калашников С.Г., Электричество/С.Г. Калашников. –6-е изд.– М.: Физмат лит, 2003.— 624 с.
2. Телеснин Р.В., Яковлев В.Ф. Курс физики. Электричество. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1969. – 488 с.

Zhelonkina T.P., Lukashevich S.A., Shershnev E.B.

Gomel State University

METHODS OF INVESTIGATION OF THE WHITSTON BRIDGE

In the article, a study of the Wheatstone bridge in laboratory work to determine the unknown resistance is carried out. Based on the work of this bridge, the accuracy and relative error in measuring the resistance is studied. In determining the resistance, the Kirchhoff rules are applied.

Keywords: *resistance, potential, Kirchhoff's rule, electric current, error, galvanometer.*

Т.П. Желонкина, С.А. Лукашевич, Е.Б.Шершнев

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОСТИКА УИТСТОНА

В статье проводится исследование мостика Уитстона в лабораторной работе по определению неизвестного сопротивления. На основе работы данного мостика изучается точность и относительная погрешность при измерении сопротивления. При определении сопротивления применяются правила Кирхгофа.

Ключевые слова: *сопротивления, потенциал, правило Кирхгофа, электрический ток, погрешность, гальванометр.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Желонкина Тамара Петровна – старший преподаватель кафедры общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.

Лукашевич Светлана Анатольевна – старший преподаватель кафедры теоретической физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.

Шершнев Евгений Борисович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

Научные интересы: проблемы методики обучения физике.