

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор ЭНИИ

к.т.н., доцент

_____ Ю.С. Боровиков

« ___ » _____ 2012 г.

Ю.К. Кривогузова

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОСТОВОЙ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ
СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления
140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Издательство

Томского политехнического университета

2012

УДК 621.317.3

Исследование мостовой схемы измерения сопротивления.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления 140400 – Электроэнергетика и электротехника / Ю.К. Кривогузова, Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 10 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «___» _____ 2012 г.

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент _____ И.П. Озерова

Председатель учебно-методической
комиссии _____ В.С. Андык

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2012
© Кривогузова Ю.К., 2012
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2012.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении метода измерения сопротивления с помощью мостовой схемы измерения, исследования чувствительности и точности мостовой схемы измерения.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение принципа действия мостовой схемы измерения сопротивления;
- проведение серии экспериментов для различных значений измеряемого сопротивления;
- определения погрешности измерения сопротивления с помощью мостовой схемы измерения;
- определение чувствительности мостовой схемы измерения сопротивления.

МОСТОВОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Измерительный мост – это четырехплечевая электрическая цепь, составленная из резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности, предназначенная для определения отношения параметров этих компонентов.

Элементы внутренней цепи, в данном случае сопротивления, соединенные в замкнутый четырехугольник, называют плечами моста, а элементы цепи питания и нулевого указателя (указателя равновесия) – диагоналями.

Схема одинарного четырехплечевого моста приведена на рис. 1.

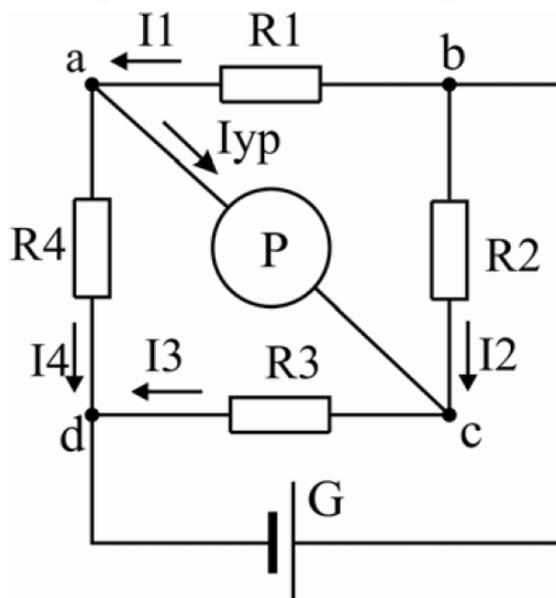


Рисунок 1 – Схема четырехплечевого уравновешенного моста

Измерительный мост имеет два вида диагоналей: диагональ питания bd – в нее включен источник питания (батарея G) и измерительная диагональ ac – в нее включен нулевой указатель (гальванометр P).

Измеряемое сопротивление является одним из четырех плеч моста. Регулируя одно или два плеча моста, можно добиться отсутствия тока в измерительной диагонали моста, тогда через нулевой указатель не будет проходить ток, мост будет уравновешен.

В состоянии равновесия ток в измерительной диагонали ac равен нулю: $I_{yp}=0$. Для мостовой схемы справедливы выражения:

$$\begin{aligned} I_1 \cdot R_1 &= I_2 \cdot R_2; \\ I_4 \cdot R_4 &= I_3 \cdot R_3. \end{aligned} \quad (1)$$

Уравнение первого закона Кирхгофа для узла a :

$$I_1 = I_4 + I_{yp}. \quad (2)$$

Уравнение первого закона Кирхгофа для узла b :

$$I_2 = I_{yp} + I_3. \quad (3)$$

Т.к. в состоянии равновесия $I_{yp}=0$, то токи $I_1 = I_4$; $I_2 = I_3$. Тогда из выражений (1) получим:

$$\begin{aligned} I_1 \cdot R_1 &= I_2 \cdot R_2; \\ I_1 \cdot R_4 &= I_2 \cdot R_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Из выражений (4) получим соотношение:

$$\frac{I_1 \cdot R_1}{I_1 \cdot R_4} = \frac{I_2 \cdot R_2}{I_2 \cdot R_3}.$$

После преобразований имеем:

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}; \quad (5)$$

или

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4. \quad (6)$$

Выражение (6) называется уравнением равновесия моста постоянного тока, а условие равновесия моста заключается в равенстве противолежащих плеч моста.

Если величина сопротивления R_1 не известна, то в момент равновесия, она может быть найдена из выражения:

$$R_1 = R_x = R_4 \cdot \frac{R_2}{R_3}. \quad (7)$$

Из формулы (7) видно, что измерение сопротивления R_1 сводится к регулированию плеча R_4 при постоянном соотношении двух других плеч или к регулированию отношения двух плеч при постоянном значении R_4 .

Таким образом, при равновесии моста измеряемое сопротивление определяется по трем известным его сопротивлениям. Четырехплечий мост, работающий по этому принципу, называют уравновешенным.

Точность измерений с помощью мостовой схемы зависит от чувствительности мостовой схемы.

Чувствительность моста определяется отношением изменения выходного сигнала к вызвавшему его изменению входного сигнала, например, отношением изменения показаний гальванометра к изменению сопротивления одного из плеч моста:

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta R_4}. \quad (8)$$

Одинарные мосты постоянного тока применяются для измерений сопротивлений в пределах от единиц до сотен тысяч Ом. При измерениях на таких мостах сопротивлений номиналом меньше 1 Ом и больше 0,1 МОм неизбежны значительные погрешности. Поэтому для измерения малых сопротивлений применяют специальные двойные мосты, а большие сопротивления измеряют при помощи других средств.

Схема двойного моста приведена на рис. 2.

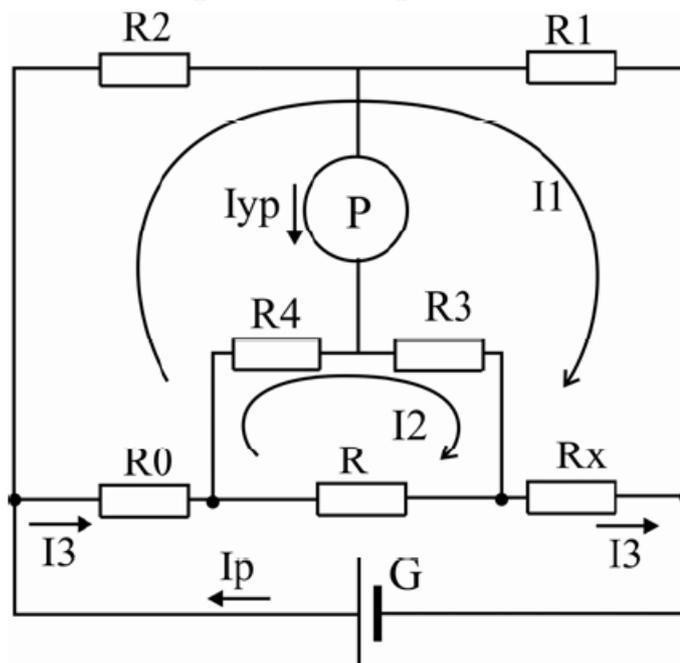


Рисунок 2 – схема двойного моста

Плечами двойного моста служат: измеряемое сопротивление R_x ; образцовое сопротивление R_0 ; две пары вспомогательных сопротивлений R_1 , R_3 и R_2 , R_4 .

Сопротивление неизвестного резистора R_x определяется из условия равновесия двойного моста:

$$R_x = R_0 \cdot \frac{R_1}{R_2} \text{ или } R_x = R_0 \cdot \frac{R_3}{R_4}. \quad (9)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Эксперимент № 1 «Измерение сопротивления с помощью мостовой измерительной схемы»

Собрать электрическую схему, представленную на рис. 3. **Все коммутации проводить при выключенном питании лабораторной установки и выключенных мультиметрах!**

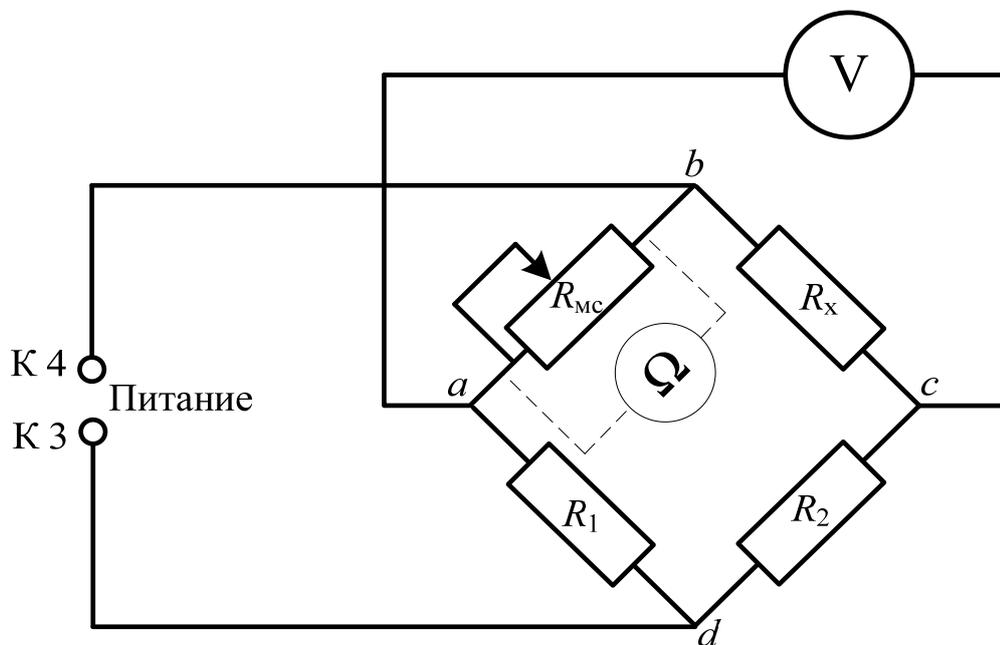


Рисунок 3 – схема экспериментальной цепи

1. Подключить контакт К4 «+15 В» выхода стабилизированного источника питания панели «Блок питания» к контакту К1.2 Наборного поля.
2. Подключить контакт К3 выхода стабилизированного источника питания панели «Блок питания» к контакту К 3.2 Наборного поля.
3. Соединить контакт К1.1 Наборного поля с контактом 0 Магазины сопротивлений.
4. Соединить контакт 99999,9 Магазины сопротивлений с контактом К4.3 Наборного поля.
5. Соединить контакт К4.1 Наборного поля с контактом К5.1 сопротивления R_1 панели «Наборное поле»
6. Соединить контакт К6.1 сопротивления R_1 панели «Наборное поле» с контактом К3.3 Наборного поля.
7. Соединить контакт К1.3 Наборного поля с контактом К22.1 переменного сопротивления R_x панели «Наборное поле».

8. Соединить контакт К24.1 переменного сопротивления панели «Наборное поле» с контактом К2.1 Наборного поля.
9. Соединить контакт К2.3 Наборного поля с контактом К8.2 сопротивления R2 панели «Наборное поля».
10. Соединить контакт К7.1 сопротивления R2 с контактом К3.1 Наборного поля.
11. Соединить контакт К4.2 Наборного поля с контактом VΩHz Мультиметра 1.
12. Соединить измерительный контакт СОМ Мультиметра 1 с контактом К2.2 Наборного поля.
13. Перевести Мультиметр 1 в режим измерения постоянного напряжения, предел измерения 20 В.
14. Перевести Мультиметр 2 в режим измерения сопротивления (установить переключатель в положение Ω).
15. Убедиться в том, что все переключатели магазина сопротивлений находятся на отметке 0.
16. Повернуть регулятор сопротивления R_x панели «Наборное поле» **ПРОТИВ** часовой стрелки до упора.
17. Подключить черный щуп к контакту СОМ Мультиметра 2, красный щуп к контакту VHzΩ Мультиметра 2.
18. Повернуть регулятор сопротивления R_x панели «Наборное поле» по ходу часовой стрелки на 20°.
19. Включить питание лабораторной установки, Мультиметр 1.
20. Используя переключатели магазина сопротивлений, подобрать такое значение сопротивления, при котором напряжение в измерительной диагонали моста будет отсутствовать и на экране Мультиметра 1 значение напряжения будет равно 0 В.
21. Значение сопротивления магазина сопротивлений занести в табл. 1.
22. Отключить питание лабораторной установки, отключить проводники от контактов К22.1 и К24.1 переменного сопротивления.
23. Подключить щупы Мультиметра 2 к контактам К22.1 и К24.1, показания Мультиметра 2 занести в табл. 1.
24. Соединить контакт К1.3 Наборного поля с контактом К22.1 переменного сопротивления R_x панели «Наборное поле».
25. Соединить контакт К24.1 переменного сопротивления панели «Наборное поле» с контактом К2.1 Наборного поля.
26. Включить питание лабораторной установки, повторить измерения для значений φ_i угла поворота регулятора сопротивления (см. табл. 1).

Таблица 1 – результаты экспериментальных и расчетных данных эксперимента № 1

Угол поворота регулятора сопротивления, °	Значение сопротивления по магазину сопротивления, Ом	Значение сопротивления по мультиметру, Ом	Абсолютная погрешность, Ом	Относительная погрешность, %
20				
40				
60				
80				
100				
120				
140				
160				
180				

2. Определение чувствительности мостовой схемы

1. Для измерения используется цепь, представленная на рис. 3. Для сбора экспериментальной цепи необходимо повторить действия по п.п. 1-15 порядка проведения эксперимента № 1. Затем установить регулятор сопротивления R_x панели «Наборное поле» в среднее положение.
2. Используя переключатели магазина сопротивлений, подобрать такое значение сопротивления, при котором напряжение в измерительной диагонали моста будет отсутствовать и на экране Мультиметра 1 значение напряжения будет равно 0 В.
3. Увеличить значение сопротивления магазина сопротивлений на 1000 Ом, значение напряжения, которое при этом установится на Мультиметре 1 занести в табл. 2.
4. Увеличивая значение сопротивления магазина сопротивлений на величину ΔR_i Ом, заносить показания Мультиметра 1 в табл. 2.

Таблица 2 – результаты экспериментальных и расчетных данных

№ эксп.	Показания мультиметра, В	Изменение сопротивления ΔR_i , Ом	Изменения напряжения ΔU_i , В	Чувствительность моста S
1		$\Delta R_1 = +1000$		
2		$\Delta R_2 = +100$		
3		$\Delta R_3 = +10$		
4		$\Delta R_4 = +1$		
5		$\Delta R_5 = +0,1$		

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. По данным таблицы 1 определить абсолютную погрешность измерения сопротивления измерительным мостом по формуле:

$$\Delta = R_M - R_3, \quad (10)$$

где R_M – значение сопротивления, полученное с помощью измерительного моста, R_3 – значение сопротивления, полученное с помощью мультиметра.

2. По данным таблицы 1 определить относительную погрешность измерения сопротивления измерительным мостом по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{R_M} \cdot 100 \%. \quad (11)$$

3. По данным таблицы 2 определить чувствительность моста по формуле (8), полученные значения занести в таблицу 2.

4. Для полученных значений чувствительности моста определить математическое ожидание по формуле:

$$M_S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i. \quad (12)$$

4. Для полученных значений чувствительности моста определить дисперсию по формуле:

$$D_S = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (S_i - M_x)^2. \quad (13)$$

5. Для полученных значений чувствительности моста определить среднеквадратичное отклонение по формуле:

$$\sigma_S = \pm \sqrt{D_S}. \quad (14)$$

Здесь S_i – значение чувствительности в i -ом опыте; N – число опытов.

6. По данным таблицы 1 в одной системе координат построить графики зависимостей значений сопротивлений, полученных с помощью мостовой измерительной схемы и значений сопротивлений, полученных с помощью мультиметра от значений угла поворота регулятора сопротивления.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) описание принципа работы мостовой измерительной схемы;
- 2) порядок выполнения работы;
- 3) порядок обработки экспериментальных данных;
- 4) таблицы, содержащие результаты экспериментов и расчетов;
- 5) графики искомых зависимостей;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Чему равно сопротивление резистора R_4 (см. рис. 1) уравновешенного моста в противоположными плечами $R_1 = 1,5$ кОм, $R_3 = 2$ кОм; $R_2 = 0,3$ кОм?
- 2) Определить чувствительность моста с сопротивлением плеч $R = 2$ кОм, если при изменении сопротивления одного из плеч уравновешенного моста на 0,1 % напряжение в измерительной диагонали изменилось на 5 мВ?
- 3) В чем заключается условие равновесия измерительного моста?
- 4) К какому методу прямых измерений относится мостовой метод измерения сопротивления?