

Чжан Миньюй, Чжао Хунбо, Цзи Пэн И, Гао Ихань (Китай)

Цзилиньский университет, г. Чанчунь

Научный руководитель: Слабухо Олеся Анатольевна, старший преподаватель

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МОСТА УИТСТОНА

Сопротивление – это один из значимых параметров в исследовании схем и атрибут резистора, который в свою очередь является важным компонентом в электрической цепи. Люди измеряют сопротивление различными способами. На данный момент известны следующие методы измерения сопротивления – вольтамперометрия и метод эквивалентного замещения. Однако все эти методы имеют определенные погрешности [1].

Отдельно стоит отметить метод моста Уитстона, так как он более точен, чем вышеназванные методы. Для более корректного измерения сопротивления в 1843 году Чарльза Уитстон первым начал измерять сопротивление с помощью моста, который впоследствии был назван его именем [2].

В связи с тем, что мост Уитстона очень важен, нами был проведен эксперимент, целью которого было понять взаимосвязь между чувствительностью электрического моста и электрическими компонентами в цепи, а задачами – собрать электрический мост постоянного тока, измерить сопротивление, показать принцип моста и дать характеристику общей мостовой цепи.

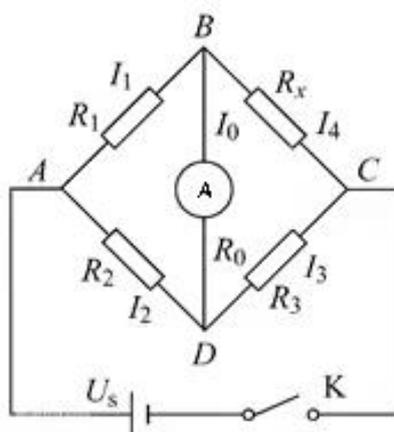


Схема 1

Для эксперимента были использованы следующие приборы: три известных резистора, один неизвестный резистор, амперметр, провода,

источник питания и включатель. На схеме 1 показан мост Уитстона, состоящий из 4 резисторов. Он используется для измерения значения одного неизвестного резистора. 4 резистора образуют квадрат. Каждая ветвь называется плечом моста. В цепи использован источник тока между А и С, и амперметр А между В и D. Роль амперметра заключается в прямом сопоставлении потенциалов на обоих концах «моста». Когда потенциалы В и D одинаковы, ток не проходит через амперметр А, это значит появляется баланс моста. В это время разность потенциалов между АВ равна разности потенциалов между AD, и разность потенциалов между CD равна разности потенциалов между СВ [3]. Отсюда можно сделать этот вывод: $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$. Потом было определено $C = \frac{R_1}{R_2}$, поэтому $R_x = CR_3$.

В первом эксперименте было 2 этапа. На первом этапе нами были измерены неизвестное сопротивление R_x и чувствительность моста с помощью самосборного электрического моста для соединения сопротивления. Были соединены R_x и R_1 , R_2 , R_3 . Потом, было найдено соотношение R_1/R_2 , когда мост имеет высокую чувствительность, были измерены три неизвестных резистора. Затем была рассчитана его неопределенность (ΔR_x). В конце было измерено сопротивление трех измеряемых резисторов с помощью электронного измерителя, и его сравнили с сопротивлением, рассчитанным мостовым методом.

На втором этапе была измерена чувствительность моста. Было предусмотрено, что $R_1 = R_2$, был отрегулирован баланс моста и измерено R_3 , чтобы сделать измеритель напряжения небольшого изменения ΔU . По данной формуле [4] можно измерить чувствительность моста

$$S = \Delta\alpha/\Delta R_x/R_x, \quad S = \frac{\Delta U}{\Delta R_3/R_3}.$$

Благодаря этому можно рассчитать ошибку чувствительности моста. Когда поверхность напряжения была 200mV, минимальная степень измерителя напряжения составила 0,1mV. Так

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{0.01mV}{S}$$

Общая относительная неопределенность измерений – это

$$\frac{\sigma_{R_x}}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_3}{R_3}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_x}{R_x}\right)^2}$$

Общая неопределенность – это

$$\sigma_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_3}{R_3}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_x}{R_x}\right)^2} R_x$$

Таким образом, подводя итоги первого эксперимента, был сделан следующий вывод: сопротивление, измеряемое методом моста Уистона, почти равно сопротивлению измеряемых резисторов с помощью электронного измерителя.

Во втором эксперименте, были выявлены факторы, влияющие на чувствительность моста постоянного тока.

Сначала было взято $\varepsilon=3V$, сопротивление неизвестного резистора равное $10^3\Omega$. Когда было измерено значение напряжения питания, сопротивление резистора плеча моста (R_1 и R_2) и наибольший предел измерения вольтметра V , было проведено наблюдение за изменением чувствительности моста.

Максимально допустимое значение напряжения питания определяется в соответствии с номинальной мощностью блока резистора и измеряемого резистора. Потом, было измерено сопротивление резистора плеча моста (R_1 и R_2).

Чтобы исследовать $R_1 = R_2$ и $R_1 \neq R_2$, было изменено значение R_1 и R_2 , где значение сопротивления равно $10^2\Omega$, $10^3\Omega$, $10^4\Omega$ величине.

В конце, был измерен наибольший предел измерения вольтметра V , который равен $2V$ и $200mV$.

Когда шкала вольтметра составляет $2V$, минимальный индекс вольтметра составляет $0,1mV$, то

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = \frac{0.01mV}{S}$$

Согласно эксперименту выше, была рассчитана следующая таблица:

Таблица 1

Номер	ε (V)	Диапазон измерений	R1(Ω)	R2(Ω)	R0(Ω)	Rx(Ω)	$\Delta R0$ (Ω)	ΔR_x (Ω)	δ_x (Ω)	ΔU	S	σR_x	Rx(Ω)
1.1	3	200mV	1000	1000		170			0.3				
			1000	1000		16000			27.7				
			1000	1000		2060			3.6				
1.2			1000	1000	2060-2260	2060	200	200		0.12	123.6	6.18	2060±6.18
2.2			100	1000	17600-27600	1760	20000	2000		0.12	10.6	5.53	1760±5.53
2.1	4	200mV	1000	1000	2060-2260	2060	200	200		0.12	123.6	6.18	2060±6.18
2.3			2V	1000	1000	2000-7000	2000	5000	5000		0.0013	5.2	38.93

Если сравнить напряжение питания 1.2 и 2.1, то видно, что напряжение питания 1,2 меньше, чем 2.1, а чувствительность моста 1.2 равна 2.1. Поэтому можно заметить, что напряжение питания влияет на чувствительность минимально.

Сравнивая диапазон измерений 1.2 и 2.3, стало очевидно, что диапазон измерений 1.2 меньше, чем 2.3. А также, что чувствительность моста 1.2 тоже меньше, чем 2.3. Таким образом было выявлено, что диапазон измерений влияет на чувствительность.

Сравнив сопротивление R_1 1.2 и 2.2, можно увидеть, что сопротивление 1.2 больше, чем 2.2 и чувствительность моста и 1.2 больше, чем 2.1. Следовательно, можно сделать вывод, что R_1 влияет на чувствительность.

По результатам экспериментов, были получены следующие выводы.

Сравнение значений сопротивления, измеренные мультиметрами и мостом Уитстона показало, что мост Уитстона может правильно измерить сопротивление.

Устойчивость к плечу моста влияет на чувствительность моста. Чем больше наибольший предел амперметра A , тем чувствительность моста хуже; напряжение питания и чувствительность моста пропорциональны.

Использование мостового способа возможно для точного измерения резистора, но возникают ошибки из-за электрической мостовой устойчивости.

Мост Уитстона имеет важное применение в жизни. Он может использоваться в медицинской диагностике, тестировании приборов, научных исследованиях и производственных приложениях. Мост Уитстона также может использоваться для измерения температуры и давления. Если заменить неизвестные резисторы на термосопротивление или варистор, когда температура и давление изменятся, то сопротивления термосопротивления и варистора изменятся, поэтому можно узнать температуру и давление при измерении сопротивлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Происхождение Уитстонского электрического моста. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://jlkp.eastday.com/> (дата обращения: 01.03.2022)
2. Родился британский физик Уитстон [Электронный ресурс]–режим доступа: <https://wuli.7139.com/> (дата обращения: 01.03.2022)
3. Принципы эксперимента Уитстон-Бридж [Электронный ресурс]–режим доступа: <https://wk.baidu.com/view/>. (дата обращения: 05.03.2022)
4. Общая физика. Эксперимент. Цзи Хун. – Издательство Высшее образование, 2018. – 107 с.