

Учреждение образования  
«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»  
кафедра общей физики

*Лабораторная работа № 2*

**МОСТОВОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### МОСТОВОЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ

#### Цель работы

Освоить мостовой метод измерения сопротивлений.

#### Оборудование:

Стенд со сменной панелью НТЦ-22.03/01 и панель НТЦ-22.03/02; цифровой мультиметр.

#### Краткая теория

**Мостовые схемы** измерений позволяют избавиться от ошибок, вносимых электроизмерительными приборами, так как здесь эти приборы используются не для измерения силы тока и напряжения, идущих в дальнейшие расчеты, а только в качестве чувствительных индикаторов, работающих либо в режиме постоянного показания, либо, чаще, в режиме отсутствия тока.

Схема *моста Уитстона* составлена из сопротивлений  $R_X$ ,  $R_{M1}$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  образующих плечи моста (рис. 1).

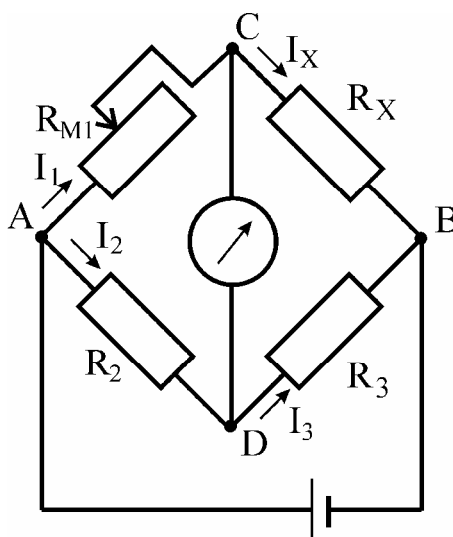


Рис. 1.

В одну из диагоналей мостовой схемы  $CD$  включается очень чувствительный микроамперметр (гальванометр) или чувствительный милливольтметр. К другой диагонали  $AB$  подключается источник питания. В плечи моста  $AD$  и  $DB$  включаются известные сопротивления  $R_2$ ,  $R_3$ . В плечо  $CB$  включается измеряемое сопротивление  $R_X$ , а в плечо  $AC$  - магазин сопротивлений  $R_{M1}$ . Магазин сопротивлений представляет собой ступенчато измеряемое достаточно точное сопротивление. Процесс измерения по этой схеме заключается в

подборе такого сопротивления магазина, при котором миллиамперметр в диагонали  $CD$  показывает отсутствие тока.

При произвольном соотношении сопротивлений через все плечи моста и через гальванометр идут токи. Переключая декады магазина сопротивлений, можно добиться такого состояния, при котором потенциалы точек  $C$  и  $D$  будут одинаковыми и ток через миллиамперметр станет равным нулю. Это состояние схемы называется **равновесием моста**.

Легко сообразить, что в состоянии равновесия разность потенциалов между точками  $A$  и  $C$  равна разности потенциалов между точками  $A$  и  $D$ , а  $\varphi_C - \varphi_B = \varphi_D - \varphi_B$ . В соответствии с законом Ома для пассивного участка электрической цепи разность потенциалов на концах участка равна падению напряжения на участке – произведению силы тока на сопротивление этого участка цепи:  $\varphi_1 - \varphi_2 = IR$ . Приравнявая падения напряжения на сопротивлениях  $R_{м1}$  и  $R_2$ ,  $R_x$  и  $R_3$ , получаем следующие выражения:

$$I_1 R_{м1} = I_2 R_2, \quad (1)$$

$$I_x R_x = I_3 R_3$$

Эти равенства справедливы только тогда, когда мост находится в состоянии равновесия. Так как ток в диагонали  $CD$  при этом равен нулю, то ток  $I_1$ , протекающий по магазину сопротивлений  $R_{м1}$ , равен току  $I_x$ , протекающему по сопротивлению  $R_x$ , а ток  $I_2$ , протекающий по сопротивлению  $R_2$ , равен току  $I_3$ , протекающему по сопротивлению  $R_3$ . Разделив первое уравнение в (1) на второе, получим условие равновесия моста Уитстона:

$$\frac{R_{м1}}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} \quad (2)$$

Из него следует, что если установить ток в миллиамперметре равным нулю, то неизвестное сопротивление  $R_x$  можно найти, зная остальные три сопротивления:

$$R_x = R_{м1} \frac{R_3}{R_2} \quad (3)$$

С помощью моста Уитстона можно определить *последовательное и параллельное соединение проводников*. Пусть два проводника с сопротивлениями

$R_1$  и  $R_2$  соединены последовательно и включены в цепь с источником питания (рис. 2) величины тока в обоих проводниках одинаковы. Однако напряжения на концах каждого из проводников будут различны. На основании закона Ома  $U_1 = IR_1$  и,  $U_2 = IR_2$ , поэтому

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (4)$$

Таким образом, при последовательном соединении падение напряжения на каждом из проводников пропорционально его сопротивлению. Этот вывод справедлив и для произвольного числа проводников, соединенных последовательно.

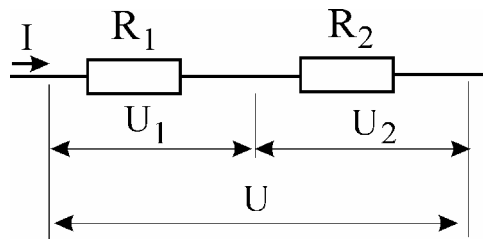


Рис. 2. Последовательное соединение проводников

Для рис. 2

$$U = I \cdot (R_1 + R_2) \quad (5)$$

а для  $N$  проводников

$$U = I \cdot (R_1 + R_2 + \dots + R_N), \quad (6)$$

отсюда следует, что при последовательном соединении проводников их сопротивления складываются:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N \quad (7)$$

Рассмотрим теперь параллельное соединение проводников (рис. 3.)

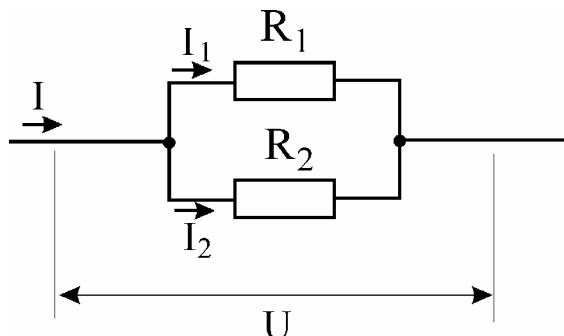


Рис. 3. Параллельное соединение проводников

Признаком такого соединения является разветвление тока. Электрический ток  $I$ , входя в группу проводников  $R_1$  и  $R_2$ , разветвляется на два тока  $I_1$  и  $I_2$ . Из закона сохранения зарядов следует, что ток равен сумме токов  $I_1$  и  $I_2$ .

$$I = I_1 + I_2 \quad (8)$$

Напряжение на проводниках одинаково, поэтому

$$U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \quad (9)$$

отсюда следует, что

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (10)$$

При параллельном соединении проводников токи в отдельных проводниках обратно пропорциональны их сопротивлениям.

Для участка цепи АВ, используя (8), можно записать:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (11)$$

или

$$I = \frac{U}{R} \quad (12)$$

где  $R$ - общее сопротивление разветвления.

Таким образом,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (13)$$

Если параллельно соединены  $N$  проводников, то аналогично

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (14)$$

т.е. обратное сопротивление разветвления равно сумме обратных сопротивлений параллельно соединенных проводников.

### Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Установить сменную панель НТЦ-22.03/01 в разъем станда.

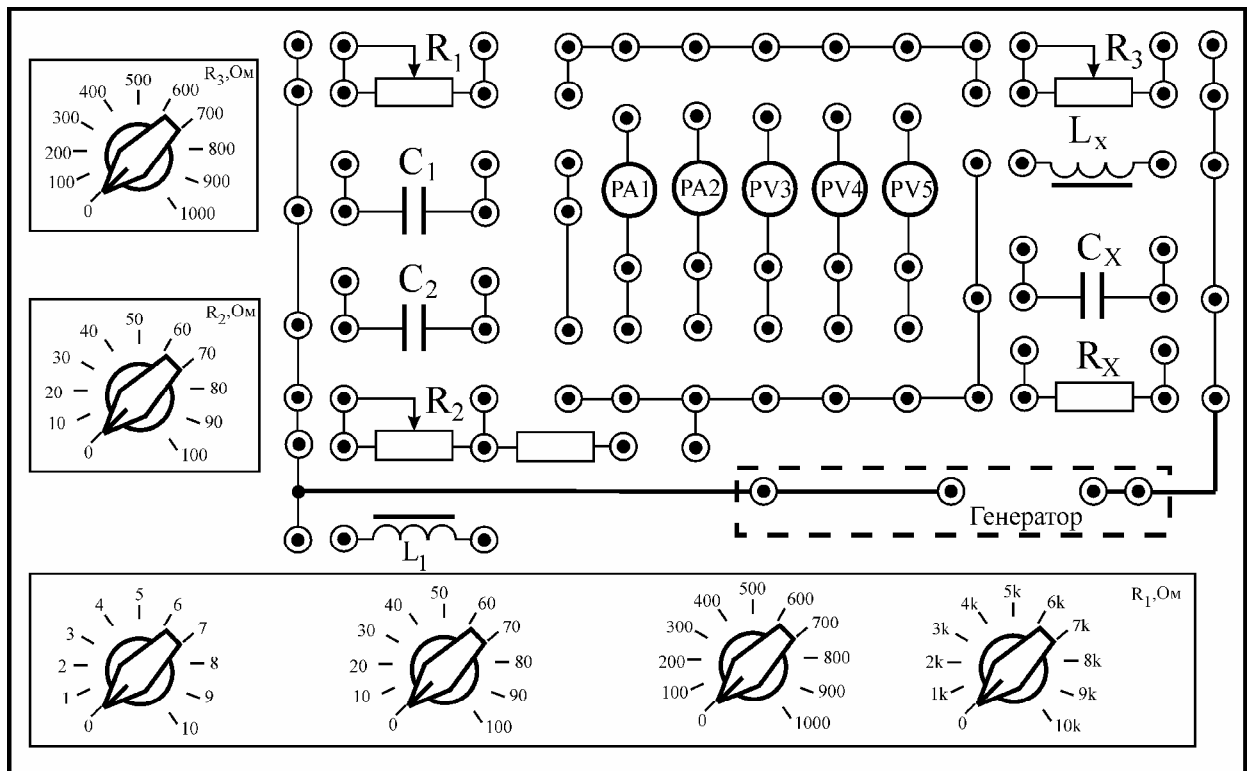


Рис. 4.

2. Собрать схему, как показано на рис. 1 используя монтажную схему (рис. 4). В диагональ мостовой схемы  $CD$  включается чувствительный милливольтметр (мультиметр в режиме измерения напряжения (предел измерения 200 мВ).
3. Проверь – все декады магазина должны быть в «0».
4. Питание схемы подается с модуля станда SA2 на вход «Генератор».
5. После проверки схемы преподавателем или лаборантом убедитесь, что на панели станда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, все тумблеры и выключатели находятся в нижнем положении («ВЫКЛЮЧЕНО»), а все галетные переключатели и потенциометры в крайнем левом положении.
6. Установите значения сопротивления  $R_2$  и  $R_3$  декадами магазина в соотношении 1:2 (например  $R_2=100$  Ом,  $R_3=200$  Ом)
7. Включить питание станда (три автоматических выключателя «СЕТЬ»).
8. Установить напряжение галетным переключателем SA21 на один поворот.
9. Поскольку мост не уравновешен, то в диагонали моста протекает ток. Его значения  $V_M$  увидите на табло мультиметра. Поставьте сопротивление магазина  $R_{M1}$  на 10 000 Ом и убедитесь, что направление тока изменилось. Это означает правильность сборки схемы.

10. Переключая декады магазина сопротивлений  $R_{M1}$ , подберите такое сопротивление, чтобы ток на мультиметре был равен нулю.
11. Запишите полученное значение сопротивления  $R_{M1}$  в таблицу 1.
12. Выключите питание стенда.
13. Измените значения сопротивления  $R_2$  и  $R_3$  декадами магазина в соотношении 1:2 еще дважды.
14. Повторите п.п. 7-12.
15. Запишите полученное значение сопротивления  $R_{M1}$  в таблицу 1.
16. Также исследуйте неизвестное сопротивление  $R_4$  на панели НТЦ-22.03/02, которое расположенное на Вашем рабочем столе (рис. 5), подключив вместо  $R_x$  сопротивление  $R_4$ .

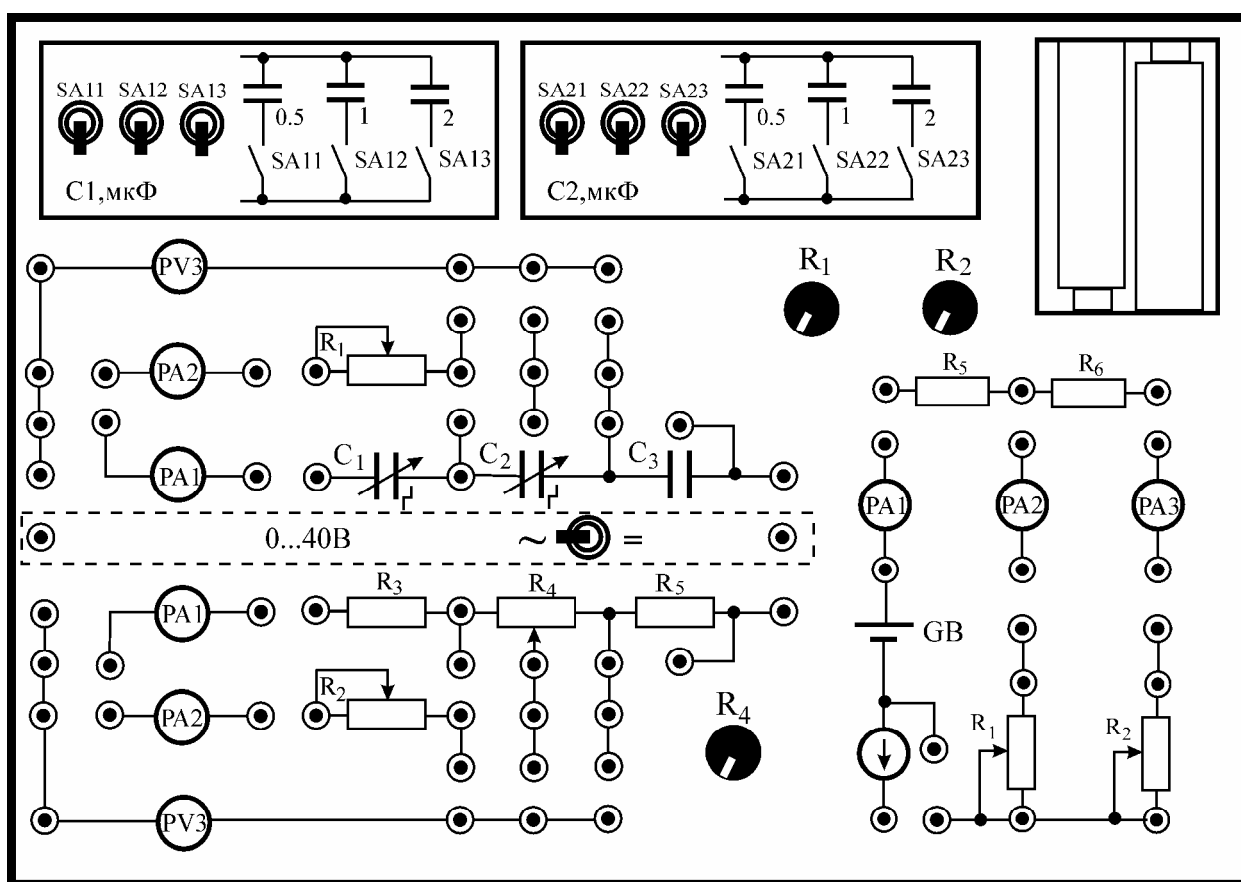


Рис. 5.

17. Повторить п.п. 6-14 и запишите полученные значения  $R_{M1}$  в таблицу 1.
18. Аналогично выполните измерения сопротивления при последовательном  $R'$  и параллельном соединении  $R''$  исследуемых сопротивлений  $R_x$  и  $R_4$  повторяя п.п. 6-15.

Таблица 1.

Измеряемое сопротивление	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом	$R_M$ , Ом	$R_x$ , Ом	$R_{xcp}$ , Ом
1 сопротивление					
2 сопротивление					
$R'$					
$R''$					

где  $R'$  - последовательное соединение резисторов;  $R''$  - параллельное соединение резисторов

19. Все тумблеры и выключатели установить в нижнее положение («ВЫКЛЮЧИТЬ»), а все галетные переключатели в крайнее левое положение.
20. Выключить питание стенда, разобрать схему.
21. Рассчитайте исследуемые сопротивления по формуле (3). Определите их средние значения и погрешности измерения.
22. Используя средние значения  $R_x$  двух резисторов рассчитайте по соответствующим формулам их общее сопротивление при последовательном (7) и параллельном соединении (14). Сравните данные расчетов с результатами измерений.

### Контрольные вопросы.

1. В чем преимущество мостовой схемы? Нарисуйте ее и опишите способ измерения сопротивлений с помощью моста Уитстона.
2. По показаниям какого прибора Вы можете установить, что мост уравновешен, что должен показывать этот прибор?
3. Выведите условие равновесия моста Уитстона.
4. При каком условии напряжения на сопротивлениях  $R_{m1}$  и  $R_2$ ,  $R_x$  и  $R_3$  равны?
5. Как вычисляется сопротивление при параллельном и последовательном сопротивлении проводников?
6. Что называют удельным сопротивлением? Какова его единица измерения?
7. Как вычисляется работа и мощность постоянного тока?
8. От каких величин зависит сопротивление проводника?
9. Как изменяется уравнение (1), если ток в диагонали моста не равен нулю?
10. Изобразите принципиальные схемы методов измерений сопротивлений.
11. Какой основной закон постоянного тока и как используется при измерениях сопротивлений?



### **Список литературы**

1. Электрические измерения: Учебник для вузов / под ред. Фремис А.В., Душина Е.М. – Л.: Энергия, 1980. – С. 39.
2. А.Н. Матвеев. Электричество и магнетизм. Учеб. пособие для студ. вузов.- М. : ОНИКС 21 век: Мир и Образование , 2005.- 463с
3. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Электричество. : учеб. пособие для студ. физических спец. вузов- 4-е изд., стереотип.- М. : Физматлит: МФТИ , 2002.- 656с.
4. И.Е. Иродов. Электромагнетизм. Основные законы. М., ЛБЗ, 2001