

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. физики

_____ Е.М. Окс

«__» _____ г.

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРАВИЛА РАБОТЫ
С ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ**

для студентов всех специальностей

Разработал

старший преподаватель

_____ Ю.А. Грибов

«__» _____ г.

Общие требования и правила работы с электроизмерительными приборами

Введение

Для успешного выполнения лабораторных работ в электрической лаборатории необходимо знать принципы и устройство электроизмерительных приборов, их конструктивные особенности, правила их включения в электрические цепи и правила обращения с ними.

С этой целью в этом вводном руководстве к электрической лаборатории рассматриваются основные электроизмерительные приборы, их принципиальное устройство и некоторые приёмы работы с ними.

Разумеется, это пособие не может заменить ни один курс электрических измерений. В руководстве даются лишь самые необходимые элементарные сведения, без знания которых сознательная работа студентов в электрической лаборатории просто немыслима.

§1. Характеристики электроизмерительных приборов и требования, предъявляемые к ним

Статистические погрешности приборов.

Статистическая погрешность прибора является его основной характеристикой и не изменяется со временем.

Различают следующие погрешности приборов:

1) Абсолютная погрешность δ - разность между показанием прибора a_n и действительным значением измеряемой величины a , значит $\delta = a_n - a$.

Абсолютная погрешность, взятая с противоположным знаком, называется поправкой.

2) Относительная погрешность ε представляет собой отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины и выражается обычно в процентах: $\varepsilon = \frac{a_n - a}{a} \cdot 100\% = \frac{\delta}{a} \cdot 100\%$

3) Приведённая погрешность ε_β представляет собой выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности σ к предельному значению показаний прибора a_m в пределах рабочей части шкалы:

$$\varepsilon_\beta = \frac{a_n - a}{a_m} \cdot 100\% = \frac{\delta}{a_m} \cdot 100\%$$

Поскольку приведённая погрешность ε_β конкретного измерительного прибора почти всегда известна, мы имеем возможность оценить абсолютную погрешность (систематическую) данного измерения.

Рассмотрим конкретный пример. Из определения приведенной погрешности следует, что $\delta = \varepsilon_\beta \cdot a_m$. Предположим, что амперметром, рассчитанным на ток 5А ($a_m = 5\text{А}$) и имеющим приведённую погрешность $\varepsilon_\beta = 0,002$, производят измерения величины тока.

В этом случае абсолютная погрешность будет $\delta = \varepsilon_\beta \cdot a_m = 0,002 \cdot 5 = \pm 0,01\text{А}$.

Пусть с помощью данного амперметра были проведены измерения величины электрического тока в двух случаях:

- Измеряемый ток имеет величину порядка предельного значения для данного прибора ($I = 5\text{А}$). Тогда относительная погрешность нашего измерения будет $\varepsilon_1 = \frac{\delta}{a} \cdot 100\% = \frac{\pm 0,01}{5} \cdot 100\% = \pm 0,002 \cdot 100\% = \pm 0,02\%$

- Во втором случае этим же прибором измеряют электрический ток, величина которого 1А.

В этом случае относительная ошибка будет $\varepsilon_2 = \frac{\delta}{a_1} \cdot 100\% = \frac{\pm 0,01}{1} \cdot 100\% = \pm 0,01 \cdot 100\% = \pm 1\%$.

Сравнивая полученные результаты, мы видим, что относительная ошибка второго измерения в 5 раз больше первой!

Объясняется это тем, что приведённая погрешность, ε_β , которой приходится пользоваться, является величиной постоянной и относится к любой части шкалы электроизмерительного прибора (при малых значениях измеряемой величины), будут отягощены большей относительной погрешностью по сравнению с результатами измерений, произведённых с использованием второй половины шкалы прибора (или величин, близких к предельному значению a_m).

Поэтому при измерениях различных электрических величин следует избегать пользоваться первой частью шкалы прибора! (см. далее §3).

Согласно ГОСТ 1845-59, по степени точности приборы разделяются на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0.

Основная приведённая погрешность показаний приборов различных классов не должна превосходить в рабочей части шкалы значений, представленных в таблице.

Класс прибора	Основная погрешность (приведённая) %	Класс прибора	Основная погрешность (приведённая) %
0,05	$\pm 0,05$	1,0	$\pm 1,0$
0,1	$\pm 0,1$	1,5	$\pm 1,5$
0,2	$\pm 0,2$	2,5	$\pm 2,5$
0,5	$\pm 0,5$	4,0	$\pm 4,0$

Таким образом, зная класс точности прибора, можно судить о величине приведённой погрешности прибора. Класс точности прибора

приводится в его паспорте и указывается также на лицевой части прибора.

Отметки класса точности прибора на его лицевой части имеют вид: 0,2; 1,0 и т.д. или иногда отмечаются в виде: 0,2; 0,5; 1,5 и т.д.

Основные требования, предъявляемые к приборам

1) При нормальных условиях работы (нормальные условия работы приводятся в его паспорте: определённый интервал температур, влажность воздуха, определённое положение прибора и т.д.), его основная погрешность (приведённая) не должна превосходить класс точности данного прибора.

2) Электроизмерительные приборы при включении их в цепь, находящуюся под напряжением, будут потреблять от этой цепи некоторую мощность. Необходимо, чтобы потребляемая приборами мощность была минимальной. В противном случае приборы будут заметно изменять режим электрической цепи, в которую они включены

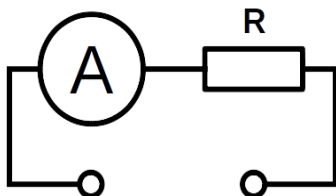


Рисунок 1 — Схема включения амперметра

Рассмотрим конкретно на примере вольтметра и амперметра, как это можно осуществить. Пусть в электрическую цепь, сопротивление которой R , включён амперметр A (см. схему на рис.1). Если амперметр обладает сопротивлением R_A , то при напряжении U ток в цепи будет $I_1 = \frac{U}{R+R_A}$. При отсутствии амперметра ток в цепи будет $I = \frac{U}{R}$.

За счёт мощности, потребляемой самим амперметром ($P = I_1^2 \cdot R_A$), режим в цепи изменяется! Из сравнения выражений для токов I_1 и I видно, что необходимо, чтобы сопротивление амперметра R_A было по

возможности меньше по сравнению с R ($R \gg R_A$). В предельном случае при $R_A \rightarrow 0$ ток $I_1 \rightarrow I$. Очевидно, что при этом условии и мощность, потребляемая амперметром, будет наименьшей.

При измерении напряжения на участке цепи вольтметром (рис.2) происходит следующее. Если вольтметр обладает сопротивлением R_B и напряжением на участке цепи U , то мощность, потребляемая вольтметром, будет: $P = I_B^2 \cdot R_B = \left(\frac{U}{R_B}\right)^2 \cdot R_B = \frac{U^2}{R_B}$

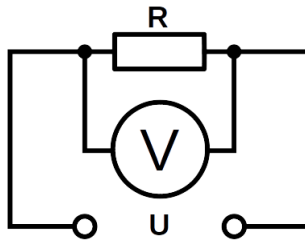


Рисунок 2 — Схема включения вольтметра

Отсюда следует, что мощность, потребляемая вольтметром, тем меньше, чем больше его сопротивление. Поэтому необходимо, чтобы сопротивление вольтметра было по возможности больше по сравнению с сопротивлением участка цепи R , на котором измеряется напряжение ($R_B \gg R$). (Этот же вывод можно получить и иначе. Если до включения вольтметра сопротивление участка цепи R , то после его включения сопротивление этого же участка цепи будет: $R_{\text{общ}} = \frac{R_B \cdot R}{R + R_B} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_B}}$, откуда видно, что при $R_B \gg R$, $R_{\text{общ}} \approx R$. Другими словами, общее сопротивление $R_{\text{общ}} \rightarrow R$ при $R_B \rightarrow \infty$. Следовательно, для того, чтобы режим в цепи мало изменялся при включении вольтметра, необходимо, чтобы сопротивление вольтметра было гораздо больше того участка цепи, на котором измеряется напряжение).

3) Время установления показаний прибора.

После включения электроизмерительного прибора в цепь до момента установления показаний прибора проходит некоторый промежуток времени, зависящий от конструктивных особенностей прибора. Этот промежуток времени должен быть по возможности малым. Согласно ГОСТ-1845-59 время успокоения для большинства типов приборов не должно превышать 4 с.

§2. Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы и вспомогательные части

Приведём далее для справок наиболее часто встречающиеся обозначения, предусмотренные ГОСТ 1845-59.

Таблица 1

№ п/п	Род измеряемой прибором величины	Название прибора	Условные обозначения прибора
1	Сила тока	Амперметр	<i>A</i>
2	Сила тока	Миллиамперметр	<i>mA</i>
3	Сила тока	Микроамперметр	<i>μA</i>
4	Напряжение	Вольтметр	<i>V</i>
5	Мощность	Ваттметр	<i>W</i>
6	Сопротивление	Омметр	<i>Ω</i>

Таблица 2

I	Обозначение принципа действия прибора	Условные обозначения
1	Магнитоэлектрическая система	С подвижной рамкой 
		С подвижным магнитом 
2	Электромагнитная система	
3	Электродинамическая система	
4	Магнитоэлектрический прибор 1 категории защищенности от магнитных полей	
1	Горизонтальное положение шкалы	└ или →
2	Вертикальное положение шкалы	⊥ или ↑
3	Наклонное положение шкалы под углом к горизонту, например, 60°	∠60°
III	Обозначение класса точности	Условные обозначения
	Класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения, например, 1,5	1,5 или (1,5)
IV	Обозначения рода электрического тока	
	Постоянный	
	Переменный	
	Трехфазный	
	Прибор, пригодный для измерений в цепях переменного и постоянного тока	
V	Элементы штепсельного магазина сопротивлений	
	Штепсельный разрыв	
	Штепсельное соединение	

§3. Шунты и дополнительные сопротивления

Шунты и дополнительные сопротивления представляют собой проводники, сопротивления которых подобраны так, чтобы при соответствующем подключении их к электроизмерительным приборам можно было в значительной мере изменять пределы измерений, на которые они были рассчитаны.

- 1) Расширение пределов измерений амперметра (шунтирование амперметра).

Предположим, что с помощью амперметра, рассчитанного на предельный I_A , необходимо измерять в электрической цепи токи, превышающие предельный ток в n раз. Для осуществления такого измерения параллельно амперметру включают проводник с небольшим сопротивлением по сравнению с сопротивлением амперметра (рис. 3). Проводник этот называется шунтом.

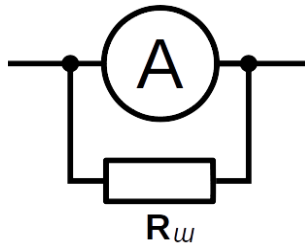


Рисунок 3 — Схема шунтирования амперметра

При таком включении большая часть измеряемого тока потечёт через шунт и лишь некоторая доля измеряемого тока — через амперметр.

Таким образом, будет обеспечена сохранность амперметра. Рассчитаем, каково должно быть сопротивление шунта $R_{ш}$, чтобы расширить пределы измерения амперметра в n раз, если сопротивление амперметра R_A .

Если в общей части ток $n \cdot I_A$, а через амперметр течёт предельный ток I_A , то:

$$n \cdot I_A = I_A + I_{\text{ш}} \quad (1)$$

где $I_{\text{ш}}$ - ток, проходящий через шунт. Из закона Ома для участка цепи следует, что

$$\frac{I_{\text{ш}}}{I_A} = \frac{R_A}{R_{\text{ш}}} \quad (2)$$

Из (1) выразим ток $I_{\text{ш}}$: $I_{\text{ш}} = I_A \cdot (n - 1)$, подставляя это значение в (2), получим: $\frac{I_A \cdot (n-1)}{I_A} = \frac{R_A}{R_{\text{ш}}}$, откуда $R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{n-1}$

Итак, если необходимо расширить пределы измерения амперметра в n раз, следует параллельно амперметру подключить шунт, сопротивление которого в $(n - 1)$ раз меньше сопротивления амперметра.

(Необходимо все отсчёты, выполненные по зашунтированному таким образом амперметру, увеличить в n раз).

- 2) Расширение пределов измерения вольтметра
- 3) Для расширения пределов измерения вольтметра последовательно с вольтметром включают в электрическую цепь дополнительное сопротивление (см. рис. 4).

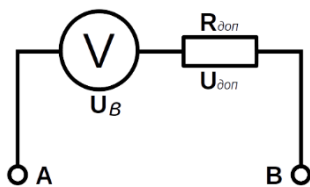


Рисунок 4 — Схема шунтирования вольтметра

Найдём, каким должно быть дополнительное сопротивление, чтобы с помощью вольтметра, рассчитанного на предельное напряжение U_B , можно было измерять напряжения, в n раз больше предельного.

Если на участке электрической цепи АВ напряжение $n \cdot U_B$, то

$$n \cdot U_B = U_B + U_{\text{доп}} \quad (3)$$

где U_B - предельное напряжение, на которое рассчитан вольтметр,

$U_{\text{доп}}$ - напряжение на дополнительном сопротивлении.

Если величина электрического тока, протекающего через вольтметр и дополнительное сопротивление I , то: $U_B = I \cdot U_B$, $U_{\text{доп}} = I \cdot R_{\text{доп}}$ и $n \cdot I \cdot R_B = I \cdot R_B + I \cdot R_{\text{доп}}$ откуда $R_{\text{доп}} = R_B \cdot (n - 1)$.

Следовательно, для расширения пределов измерения вольтметра в n раз необходимо последовательно с вольтметром включить в цепь дополнительное сопротивление, в $(n - 1)$ раз превышающее сопротивление вольтметра. (При отсчётах показания вольтметра при этом увеличивают в n раз).

Многопредельные приборы

Шунты и дополнительные сопротивления приходится очень редко подбирать, так как электроизмерительные приборы, как правило, являются многопредельными. У многопредельных приборов внутри корпуса помещается набор шунтов или дополнительных сопротивлений, соединённых с электроизмерительным прибором так, чтобы можно было с помощью переключателей или ряда клемм в значительной мере изменять пределы измерения данного прибора.

Рассмотрим некоторые конкретные схемы таких приборов.

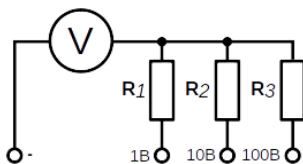


Рисунок 5 — Схема многопредельного вольтметра

На рис. 5 изображена схема вольтметра, имеющего три предела измерения (1В, 10В, 100В). В корпусе этого прибора помещены три

дополнительных сопротивлений R_1, R_2, R_3 соединённых соответственно с клеммами, помеченными значениями 1В, 10В, 100В (см. рис. 5). При включении такого вольтметра в цепь клемма, показанная значком « - », является общей и включается в цепь с учётом полярности источника тока, а клеммы, связанные с дополнительными сопротивлениями R_1, R_2, R_3 (1В, 10В, 100В), используются в зависимости от того, каков порядок величины напряжения на данном участке цепи, где производятся измерения. Отметки 1В, 10В и 100В у клемм соответствуют предельным значениям, которым будет соответствовать вся шкала прибора при использовании соответствующего дополнительного сопротивления.

Предположим, что шкала вольтметра имеет 100 делений, и для измерения напряжения на участке электрической цепи используются клеммы, отмеченные значками « - » и «1В». (Это возможно при напряжениях, не превышающих 1В!).

При таком включении вся шкала прибора будет соответствовать напряжению в 1 В, следовательно, цена одного деления шкалы будет:

$$\frac{1\text{В}}{100} = 0,01\text{В!}$$

Если же будут использованы клеммы «10В» и «100В», то цена деления шкалы соответственно будет $\frac{10}{100}\text{В} = 0,1\text{В}$ и $\frac{100}{100}\text{В} = 1\text{В}$.

Правильный подбор пределов измерения многопредельного прибора даёт возможность производить измерения с наименьшей относительной ошибкой, соответствующей классу точности данного прибора. Ясно, что если измеряемое напряжение порядка 1В, не имеет смысла использовать предел в 100В, так как угол отклонения стрелки α будет очень мал (порядка одного деления шкалы). Относительная погрешность измерения значительно увеличится.

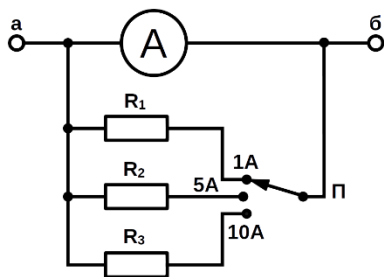


Рисунок 6 — Схема многопредельного амперметра

На рис. 6 дана схема амперметра, рассчитанного на три предела измерения (1А, 5А и 10А). С помощью переключателя П можно подключать параллельно прибору шунты, соответствующие пределам 1А, 5А и 10А. Цена деления шкалы, соответствующая данному пределу измерения, определяется так же, как и в предыдущем случае. Амперметр включается в цепь с помощью клемм «а» и «б». На рис. 7 изображена схема универсального измерительного прибора (ампервольтметра).

Этот прибор можно при желании использовать как амперметр или вольтметр, поставив соответственно переключатель П₃ в положение «А» и «В» и подключив его в цепь, с помощью общей клеммы и соответственно клемм «А» и «В» (см. рис. 7).

Наличие встроенных в корпус прибора шунтов и дополнительных сопротивлений даёт возможность изменять пределы измерения прибора с помощью переключателей П₁ (прибор в этом случае, работает как вольтметр) или П₂ (прибор работает как амперметр). При работе с многопредельными приборами необходимо быть очень внимательным, чтобы по недосмотру не пережечь обмотку электроизмерительного прибора, используя шунты или дополнительные сопротивления, не соответствующие измеряемому току или напряжению.

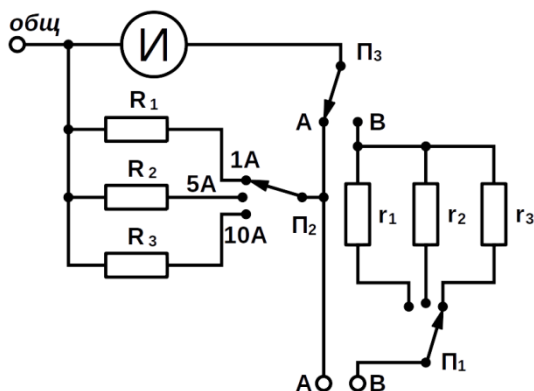


Рисунок 7 — Схема универсального, многопредельного ампервольтметра

Поэтому рекомендуется прежде, чем включать измерительный прибор в цепь, поставить все его переключатели в положения, соответствующие максимальным пределам измерения, а затем лишь, оценив показание прибора, переходить постепенно от больших пределов измерения к меньшим.

§4. Реостаты, потенциометры, магазины сопротивлений, магазины ёмкостей

Для изменения величины тока в электрических цепях используют реостаты и магазины сопротивлений, приведённые в общепринятых обозначениях на рис. 8 и рис. 9.

Для плавного изменения величины тока применяют реостаты со скользящими контактами. (Устройство реостатов известно из курса физики средней школы) (рис. 8).

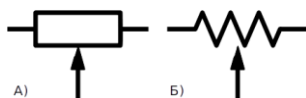


Рисунок 8 — Обозначения реостатов на схемах

На реостатах указывается предельно допустимый ток и сопротивление реостата. Например, 300 Ω , 5А - реостат, обладающий сопротивлением 300 Ом и рассчитанный на максимальный ток в 5А.

Магазины сопротивлений

В лабораториях очень распространены так называемые магазины сопротивлений, которые позволяют получать при помощи переключающих устройств сопротивления различной величины. Магазины сопротивлений делятся на штепсельные и рычажные.

Штепсельные магазины состоят из набора катушек, сопротивления которых точно определены. Катушки соединяются последовательно друг с другом и подключаются к латунным пластинам, которые можно соединять друг с другом штепселями, закорачивая при этом катушки.

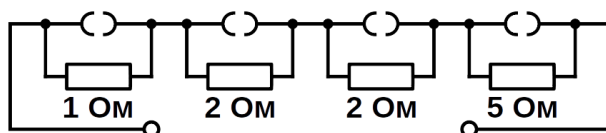


Рисунок 9 — Схема штепсельного магазина сопротивлений

Этот магазин сопротивлений даёт возможность получать сопротивления от 0 до 10 Ом, подключая катушки в цепь с помощью набора штепселей.

На рис. 10 изображена другая схема сопротивлений с помощью которой можно получать различные сопротивления, путём переключения одного и того же числа штепселей. Этот магазин сопротивлений состоит из нескольких рядов сопротивлений. Каждый ряд состоит из 10 сопротивлений одинаковой величины: по 1 Ому, по 10 Ом, по 100 Ом и по 1000 Ом.

Магазин включается в цепь с помощью клеммы «а» и «б». Меняя положение штепселей в гнездах, можно изменять сопротивление магазина от минимальной величины (когда все штепселя сидят в

первом верхнем ряду гнезд) до максимального значения, соответствующего сумме всех сопротивлений магазина. (Положению штепселей в гнездах на рис. 10 соответствует сопротивление 732 Ом).

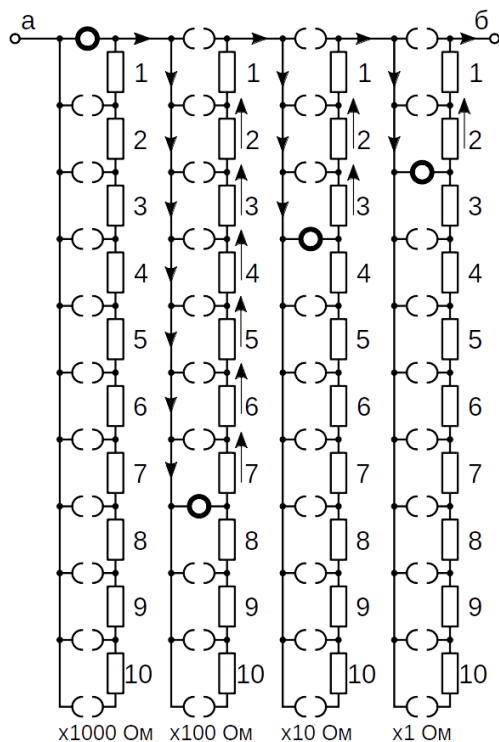


Рисунок 10 — Пример использования штепсельного магазина сопротивлений

Потенциометры

Для плавного изменения напряжения в электрических цепях используются потенциометры. По устройству потенциометры ничем не отличаются от реостатов со скользящими контактами. (Отличие состоит лишь в способе их включения в электрическую цепь). На рис. 11 приведена схема включения потенциометра.

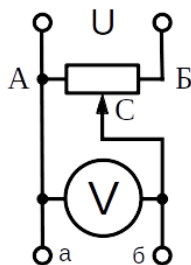


Рисунок 11 — Схема включения потенциометра

Из схемы видно, что перемещая ползунок потенциометра С от крайнего левого положения А в крайнее правое положение Б можно на участке цепи, связанной с клеммами «а» и «б», изменять плавно напряжение от 0 до U_2 вольт. (Потенциометр подключён к источнику постоянного напряжения в U вольт).

Легко найти пределы изменения напряжения на клеммах a и $б$ при перемещении ползунка реостата из положения А в положение Б. Если Э.Д.С. источника ε , его внутреннее сопротивление - r , сопротивление всей обмотки потенциометра - R и сопротивление части обмотки потенциометра, соответствующее положению ползунка - r_x , то сила тока, протекающего по потенциометру $I = \frac{\varepsilon}{r+R}$, а напряжение на участке АС: $U = I \cdot r_x$ или $U = \frac{\varepsilon \cdot r_x}{r+R}$.

Из последней формулы следует, что при $r_x = 0$ (ползунок находится в левом крайнем положении А) $U_1 = 0$, а при $r_x = R$ (ползунок находится в правом крайнем положении Б) $U_2 = \frac{\varepsilon \cdot R}{r+R}$.

Следовательно, напряжение на клеммах a и $б$ может изменяться в пределах от $U_1 = 0$ до U_2 .

Разумеется, что не каждый реостат может быть включён по схеме потенциометра.

Чтобы судить о том, можно ли данный реостат использовать в качестве потенциометра, необходимо знать на какой максимальный ток

рассчитана его обмотка. Зная сопротивление реостата, и максимальный ток, на который рассчитана обмотка реостата (эти данные приводятся на каждом реостате) можно оценить по закону Ома какой ток потечёт по его обмотке.

В случае, если величина тока, полученного в расчёте, превышает максимальный ток, на который рассчитана его обмотка, использовать реостат в качестве потенциометра нельзя.

Некоторые общие правила выполнения лабораторных работ в электрической лаборатории

Очевидно, что не существует правил, пригодных для всех лабораторных работ!

Однако для успешной работы в лаборатории следует всё-таки придерживаться некоторых достаточно общих положений:

I. Не следует приступать к работе, не разобравшись до конца во всех деталях работы.

II. Прежде чем приступать к работе, убедитесь в том, что вся аппаратура исправна. (Иногда для этого достаточно сделать несколько контрольных измерений (опытов) и оценить реальность полученных результатов.)

III. Конечные результаты измерений и качество всей лабораторной работы в очень значительной мере зависит от того, насколько продуманно и рационально велись записи отсчётов по измерительным приборам. Рекомендуется фиксировать не только данные непосредственных наблюдений, но также и данные, характеризующие электроизмерительные приборы, которые были использованы в работе. Эти записи удобно сводить в две таблицы. Характеристики электроизмерительных приборов приводятся в одной таблице, а результаты отсчётов - в таблице наблюдений.

В первую таблицу (таблица 3) следует занести все данные, характеризующие использованные приборы. Это даёт вам возможность, в случае необходимости, при повторном эксперименте восстановить те условия, в которых проводилась работа первоначально.

Во вторую таблицу — таблицу наблюдений (таблица 4) заносятся лишь результаты непосредственных наблюдений (отсчёты по электроизмерительным приборам).

Приведём возможную форму таких таблиц.

Таблица 3

Характеристики электроизмерительных приборов

№ п/п	Параметры	Амперметр	Вольтметр
1	Заводской номер	№ 315612	№ 630105
2	Класс точности	0,5	0,5
3	Число делений шкалы	150	75
4	Пределы измерений	6 мА, 15 мА, 60 мА, 150 мА	3В, 15В, 150В

Эти таблицы дают возможность экспериментатору в любой момент восстановить условия, в которых производились измерения, и, кроме того, содержат все необходимые данные для конкретных расчётов.

Например, если ток и напряжение измерялись одновременно на одном и том же участке цепи, можно найти сопротивление этого участка, соответствующее любому опыту. Найдём сопротивление участка цепи для второго опыта.

Таблица наблюдений

№ п/п	Величина эл. тока (в делениях шкалы прибора)	Использованные в измерениях пределы	Величина напряжения (в делениях шкалы прибора)	Использованные в измерениях пределы	Примечание
1	5	15 мА	15	3 В	В этой графе могут приводиться всевозможные особенности, обнаруженные в процессе измерений
2	10	-//-	30	-//-	
-	----- ---	----- -----	-----	----- -----	
-	----- ---	----- -----	-----	----- -----	
-	----- ---	----- -----	-----	----- -----	
25	41	60 мА	65	15 В	
-	----- ---	----- -----	-----	----- -----	
-	----- ---	----- -----	-----	----- -----	
-	----- ---	----- -----	-----	----- -----	
29	90	-//-	8	150 В	

Находим цену деления амперметра и вольтметра, соответствующие использованным пределам измерений:

- Цена деления амперметра: $\frac{0,015\text{A}}{150} = 1 \cdot 10^{-4}\text{A}$
- Цена деления вольтметра: $\frac{3\text{В}}{75} = 4 \cdot 10^{-2}\text{В}$

Сопротивление участка цепи будет $R = \frac{30 \cdot 4 \cdot 10^{-2}\text{В}}{10 \cdot 1 \cdot 10^{-4}\text{А}} = 12 \cdot 10^2\text{Ом} = 12000\text{Ом}$.

Итак, для интересующего нас измерения сопротивления данного участка цепи 1200 Ом. Бытующая среди студентов практика записи не результатов наблюдений, а результатов их обработки (пусть даже наипростейших) порочна по следующим причинам:

1. Тратится лишнее время на промежуточные расчёты.
2. Поскольку эти расчёты делаются обычно наспех, велика вероятность списков и других ошибок.
3. В случае, если конечные результаты работы неудовлетворительны (может быть даже нелепы), нет почти никакой возможности найти источник ошибок, так как нет записей показаний электроизмерительных приборов.
4. Соблюдайте определённый порядок при сборке электрических цепей:

1. Прежде всего необходимо все приборы расположить так, чтобы было удобно работать, чтобы все шкалы приборов были хорошо видны, и проводники, соединяющие отдельные части установки, были легко обозримы.

2. При сборке данной конкретной схемы стремитесь к тому, чтобы монтажная схема (схема, которую вы осуществляете с помощью проводников, переключателей, переходных колодок и т.п., называется монтажной) по возможности мало отличалась от принципиальной.

3. Соединяя отдельные части схемы и измерительные приборы проводниками, следует придерживаться определённого порядка:

- Прежде всего соедините проводниками все установки и приборы, образующие один последовательный контур. При этом рекомендуется начинать сборку с первой клеммы источника тока и заканчивать сборку данного контура на второй клемме источника тока.

- Найдите далее второй контур схемы, соберите все приборы второго контура и проследите, как второй контур связан с первым, затем найдите третий и проследите, как третий связан с первыми двумя, и т.д.

- Вольтметры рекомендуется подключать в последнюю очередь, когда вся схема собрана.

5. Безотказность и надёжность работы собранной вами установки в очень большой степени зависит от качества соединительных проводников. Проводники должны быть по возможности короткими и иметь хорошо зачищенные наконечники, с помощью которых они подводятся под клеммы приборов. Все соединения должны иметь хорошие и прочные контакты. Схема, которая после одного, двух переключений распадается на составные элементы, конечно, не выдерживает никакой критики.

б. Перед включением собранной установки следует:

- Поставить все движки реостатов и штепселя магазинов сопротивлений в такие положения, которые соответствовали бы минимуму электрического тока в цепи, а движки потенциометров и рукоятки автотрансформаторов - в положения, соответствующие минимуму напряжения.

- Поставить все переключатели (или подключить проводники к соответствующим клеммам) многопредельных измерительных приборов в положения, соответствующие максимальным пределам измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические измерения (общий курс) / под ред. А.Ф. Фремке. – Ленинград: Изд-во Энергия, Ленинградское отделение, 1973.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,4.
Тираж 50 экз. Заказ 416.

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.
Тел. (3822) 533018.