

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цель работы

Ознакомление с устройством и принципом действия основных электроизмерительных приборов; изучить теорию метода расширения пределов измерения приборов, а также рассчитать добавочное сопротивление и шунт

1. Классификация и технические характеристики электроизмерительных приборов

К электроизмерительным приборам относятся приборы для измерения величины силы тока (амперметры), напряжения (вольтметры), мощности (ваттметры) и сопротивления (омметры) в цепях постоянного и переменного тока.

На панелях электроизмерительных приборов указываются их технические характеристики:

- 1) единицы измеряемых величин (табл. 1);
- 2) класс точности прибора;
- 3) система прибора;
- 4) наличие защиты измерительной цепи от магнитных или электрических полей и вид преобразователя;
- 5) рабочее положение прибора и испытательное напряжение изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу;
- 6) род тока и число фаз;
- 7) устойчивость к климатическим воздействиям.

Здесь могут быть также указаны внутреннее сопротивление измерительного механизма, ток, отклоняющий стрелку на всю шкалу прибора, падение напряжения на внутреннем сопротивлении, год изготовления и заводской номер.

Таблица 1

Обозначение единиц измеряемых величин на приборах

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Ампер	A	Ом	Ω
Килоампер	kA	Килоом	$k\Omega$
Миллиампер	mA	Миллиом	$m\Omega$
Микроампер	μA	Микроом	$\mu\Omega$
Вольт	V	Микрофарад	μF
Киловольт	kV	Пикофарад	pF
Милливольт	mV	Генри	H
Ватт	W	Миллигенри	mH
Киловатт	kW	Микрогенри	μH
Мегаватт	MW	Коэффициент реактивной мощности	$\sin \varphi$
Мегавар	$Mvar$		
Коэффициент мощности	$\cos \varphi$		



Кроме того, в соответствии с ГОСТом электроизмерительные приборы классифицируются также:

а) по положению нулевой отметки на шкале: с односторонней шкалой, с двусторонней симметричной шкалой и двусторонней несимметричной и безнулевой шкалой;

б) по количеству диапазонов измерений: однопредельные и многопредельные (несколькими диапазонами измерений);

в) по конструкции отсчетного устройства: со стрелочным, световым или вибрационным указателем, с подвижной шкалой, с пишущим устройством, с цифровой индикацией;

г) по характеру шкалы: с равномерной шкалой, с неравномерной шкалой, (степенной, логарифмической)

Как уже указывалось, электроизмерительные приборы встречаются со стрелочным и световым указателем и цифровой индикацией, в которых применяются электронные методы измерения и представления информации без преобразования ее в механическое движение.

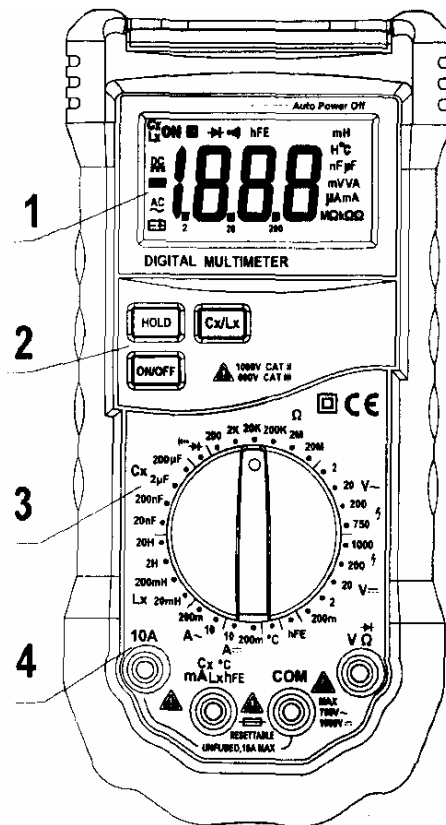
Стрелочный указатель представляет собой перемещающийся по шкале стрелку, жестко скрепленную с подвижной частью прибора. Световой способ отсчета заключается в следующем: на оси подвижной части закрепляется зеркальце,

освещаемое специальным осветителем; луч света, отраженный от зеркала, попадает на шкалу и отображается на ней в виде светового пятна с темной нитью посередине. Световой отсчет позволяет существенно увеличить чувствительность прибора, во-первых, вследствие того, что угол поворота отраженного луча вдвое больше угла поворота зеркала, а во-вторых, потому, что длину луча можно сделать весьма большой.

На корпусе приборов, как правило, устанавливается **корректор**— приспособление, предназначенное для установки прибора в нулевое положение, и **арретир** - устройство, предназначенное для предохранения подвижной части прибора от повреждений при переноске, транспортировке и хранении.

Цифровой мультиметр

Цифровой мультиметр является одним из серии портативных профессиональных измерительных инструментов, способных выполнять следующие функции:



1. жидкокристаллический дисплей (табло);
2. функциональные кнопки;
3. переключатель функций;
4. гнезда для измерения тока, напряжения, сопротивления, частоты;

- измерение постоянного и переменного напряжения;
- измерение постоянного и переменного тока;
- измерение сопротивлений;
- измерение емкости конденсатора;
- диодный и транзисторный тесты;
- измерение температуры;
- измерение частоты.

Включение и выключения мультиметра осуществляется однократным нажатием кнопки ON/OFF.

Выбор предела измерений обеспечивается вращением переключателя 3.

Меры безопасности

Для безопасной и надежной работы мультиметра следуйте всем инструкциям по безопасности.

1. Оберегайте прибор от неправильного включения.
2. Никогда не превышайте максимально допустимых значений входных сигналов, указанных в спецификации для каждого диапазона измерений.
3. Не касайтесь открытых гнезд мультиметра, когда он подключён к схеме.
4. Если порядок измеряемой величины заранее не известен, установите переключатель диапазонов на максимальное значение.
5. Всегда отключайте щупы от измеряемой схемы при смене функции работы прибора.
6. Никогда не проводите измерение величины сопротивлений в схемах при включённом питании.
7. Никогда не измеряйте емкость конденсаторов, не убедившись, что они полностью разряжены.
8. Будьте всегда осторожны при работе с напряжениями более 60 В постоянного или 30 В переменного тока. При проведении измерений держите щупы за изолирующие концы. Изолирующая часть щупов не должна иметь сколов, механических повреждений.
9. При появлении неисправности или аномалий в работе прибор не может далее использоваться и подлежит проверке.

Измерение напряжения

Соедините **на панели мультиметра** один провод с гнездом **COM**, а другой – с гнездом **V/W**. Поворотным переключателем выберите желаемый предел измерения постоянного ($V=$) или переменного ($V\sim$) напряжения и подсоедините свободные концы проводов к источнику напряжения или исследуемой нагрузке. Включите кнопку **ON/OFF**. Прочтите показания на дисплее. При измерении постоянного напряжения дисплей покажет полярность сигнала на щупе, подключённом к гнезду **V/W**. Если дисплей показывает «1», то это указывает на перегрузку (слишком большой измеряемый сигнал), тогда нужно выбрать больший предел измерения.

Измерение силы тока

Соедините **на панели мультиметра** один провод с гнездом **COM**, а второй – с гнездом **mA** мультиметра для токов не более 200 mA. Для больших токов второй провод вставьте в гнездо **A** вместо **mA**. Переключателем выберите необходимый предел измерения постоянного тока ($A=$) или переменного ($A\sim$) и подсоедините щупы последовательно с исследуемой нагрузкой. Включите кнопку **ON/OFF**. Прочтите показания на табло. При измерении постоянного тока дисплей покажет полярность

сигнала на гнезде **mA** (или **A**). Если дисплей показывает «1», это указывает на перегрузку и необходимость выбрать больший предел измерения.

Измерение частоты

Соедините на панели мультиметра один провод с гнездом **COM**, а другой – с гнездом **V/W**. Установите переключатель в положение **KHz** и подсоедините щупы к источнику сигнала или исследуемой нагрузке.

Примечание. При входном сигнале свыше 10 В считывание возможно, но точность не гарантируется. При малых входных сигналах в условиях сильных внешних шумов предпочтительнее использовать экранированный кабель.

Измерение сопротивлений

Соедините на панели мультиметра один провод с гнездом **COM**, а другой – с гнездом **V/W**. Полярность гнезда **V/W** будет положительной (+). Переключателем выберите желаемый предел измерения **W** и подсоедините щупы к исследуемому сопротивлению.

Примечания:

если измеряемое сопротивление превышает максимальное значение выбранного предела измерения или вход не подсоединен к сопротивлению, то дисплей покажет «1»;

при измерении величины сопротивления, находящегося в схеме, убедитесь, что схема выключена, и конденсаторы полностью разряжены;

при измерениях свыше 1 МОм прибор может устанавливать показания в течение нескольких секунд. Это является нормальным при измерении больших сопротивлений.

Измерение ёмкости конденсаторов

Установите переключатель режимов 3 на желаемый предел измерения ёмкости **F**. Перед установкой конденсатора в разъем для конденсаторов убедитесь, что конденсатор полностью разряжен. При измерении ёмкости конденсатора с короткими выводами установите в разъем для конденсаторов переходной адаптер.

Внимание! Для того чтобы избежать поражения электрическим током, выньте переходной адаптер, приступая к измерению других параметров.

Измерение температуры

Установите переключатель в положение «°C» и дисплей покажет температуру окружающей среды. Для измерения температуры в каком-либо объекте вставьте пробник с термопарой в разъем «Type-K». Термопару поместите в измеряемый объект, и через некоторое время прочтите температуру на табло.

Внимание! Для того чтобы избежать поражения электрическим током, выньте термопару, приступая к измерению других параметров.

2. ПОГРЕШНОСТИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

2.1. Абсолютная и относительная погрешности

Важнейшей характеристикой электроизмерительного прибора является его погрешность. В качестве действительного значения измеряемой величины принимается величина, измеренная образцовым прибором. Разность между показанием образцового прибора α_0 и показанием прибора α которым определяется искомая величина, **называется абсолютной погрешностью**: $\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha$.

Точность измерения обычно характеризуются **относительной погрешностью** ε , которая представляет собой отношение абсолютной максимальной погрешности к действительному значению измеряемой величины.

В большинстве случаев для характеристики электроизмерительных приборов пользуются **приведенной погрешностью** ε_n . Приведенной погрешностью называется отношение максимальной абсолютной погрешности к предельному максимальному значению измеряемой величины: $\varepsilon_n = \Delta\alpha_{\max} / \alpha_{\text{пред. max}}$.

Если прибор имеет двухстороннюю шкалу, то $\alpha_{\text{пред.}}$ определяется как $(\alpha_1 + \alpha_2) / 2$, где α_1 и α_2 – значения максимального предела измерений слева и справа от нуля. Для приборов с безнулевой шкалой $\varepsilon_n = \Delta\alpha / \alpha_2$, где α_2 – конечное значение рабочей части шкалы.

Необходимость введения приведенной ошибки объясняется тем, что даже при постоянстве абсолютной погрешности по всей шкале прибора относительная погрешность не остается постоянной. Рассмотрим пример:

Прибор предназначенный для измерения постоянного тока до 200 мА. Максимальная абсолютная погрешность прибора $\Delta\alpha = \pm 3 \text{ мА}$. Причем эта погрешность условно принимается постоянной для каждой точки шкалы прибора. Относительная же погрешность прибора изменяется, например, при измерении тока величиной 50 мА

$$\varepsilon_1 = \frac{3 \text{ мА}}{50 \text{ мА}} \cdot 100\% = 6\%$$

при измерении тока величиной 100 мА

$$\varepsilon_2 = \frac{3 \text{ мА}}{100 \text{ мА}} \cdot 100\% = 3\%$$

при измерении тока величиной 200 мА

$$\varepsilon_3 = \frac{3 \text{ мА}}{200 \text{ мА}} \cdot 100\% = 1,5\%$$

Таким образом, наибольшая относительная погрешность будет в первой части шкалы прибора. В связи с этим измерения рекомендуется проводить в третьей части шкалы прибора, то есть там, где относительная ошибка наименьшая.

2.2. Увеличение пределов измерения электроизмерительных приборов

Теория метода расширения пределов измерения приборов

Включение электроизмерительных приборов в электрические цепи не должно вносить существенных искажений в значения измеряемых величин.

Эти требования можно выполнить, если в качестве основы измерительного прибора взять чувствительный миллиамперметр или микроамперметр. Подключая необходимые сопротивления, его можно использовать для измерения напряжений токов. Это возможно потому, что по закону Ома напряжение и ток пропорциональны друг другу.

Измерение силы тока

Для измерения силы тока используются амперметры. Амперметры включают в электрическую цепь последовательно. Чтобы не вносить больших изменений в параметры цепи, их изготавливают с возможно малым внутренним сопротивлением. Для расширения пределов измерений параллельно к миллиамперметру присоединяется резистор, называемый шунтом.

Расчет шунта к миллиамперметру

Цепь (рис. 1) из миллиамперметра mA с внутренним сопротивлением R_0 и шунта сопротивлением $R_{ш}$ содержит два узла А и В.

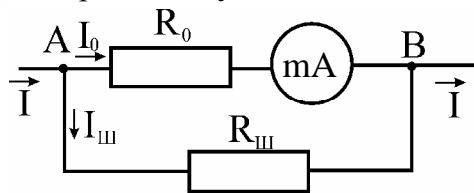


Рис. 1

Сопротивление шунта найдем, воспользовавшись законом Ома:

$$R_{ш} = \frac{U_{AB}}{I_{ш}} \quad (1)$$

По первому закону Кирхгофа сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю. Запишем уравнение для узла А.

$$I - I_0 - I_{ш} = 0 \Rightarrow I_{ш} = I - I_0. \quad (2)$$

Между узлами А и В напряжение определяется падением напряжения на внутреннем сопротивлении миллиамперметра.

$$U_{AB} = I_0 \cdot R_0 \quad (3)$$

Подставим (3) и (2) в (1):

$$R_{ш} = \frac{I_0 R_0}{I - I_0}.$$

Разделим числитель и знаменатель на ток I_0 полного отклонения прибора:

$$R_{ш} = \frac{R_0}{I/I_0 - 1}. \text{ Обозначим через } N = I/I_0, \text{ тогда } R_{ш} = \frac{R_0}{N - 1} \quad (4)$$

Пусть вся шкала измерительного прибора рассчитана на ток I_0 и нам необходимо увеличить пределы измерения в N раз, тогда к нему необходимо подсоединить шунт, рассчитанный по формуле (4).

Задание 1.

Ток полного отклонения измерительного прибора $I_0 = 1 \text{ mA}$, внутреннее сопротивление прибора $R_0 = 1000 \text{ Ом}$. Рассчитать шунт для измерения тока $0,1 \text{ A}$.

Расчет добавочного сопротивления к вольтметру

Вольтметр включается в цепь параллельно (рис. 2) и, чтобы не вносить существенных искажений в значения измеряемых величин, должен иметь большое сопротивление.

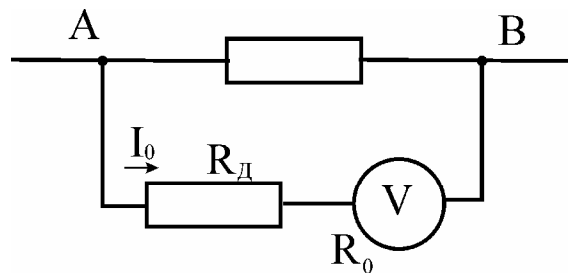


Рис. 2

Для увеличения пределов измерения последовательно с прибором, включают добавочное сопротивление R_d .

Измеряемое напряжение U между точками А и В связано с током полного отклонения миллиамперметра I_0 и его внутренним сопротивлением соотношением:

$$U = I_0 (R_d + R_0) \Rightarrow R_d = \frac{U}{I_0} - R_0 \quad (5)$$

Если известно значение предела измерения напряжения

$$U_v = I_0 \cdot R_0 \Rightarrow R_0 = \frac{U_v}{I_0} \quad (6)$$

то можно ввести число $N = \frac{U}{U_v}$, показывающее во сколько раз мы хотим увеличить пределы измерения прибора. Формулу (6) можно преобразовать:

$$R_d = \frac{U_v N}{I_0} - R_0 = R_0 (N - 1), \text{ т.е. } R_d = R_0 (N - 1) \quad (7)$$

При подключении добавочного сопротивления, рассчитанного по формулам (5) или (7) напряжение отклонения возрастет в N раз.

Задание 2.

Напряжение полного отклонения прибора $U_v = 1 \text{ В}$. Внутреннее сопротивление $R_0 = 1000 \text{ Ом}$. Рассчитать добавочное сопротивление, чтобы напряжение полного отклонения составляло 10 В .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Цель работы

Ознакомление с некоторыми методами измерения активного сопротивления и приборами, служащими для этой цели; приобретение практических навыков измерения сопротивлений.

Краткая теория

Проводимость и сопротивление проводника. На основании многочисленных опытов Георг Ом в 1827 г. установил, что при постоянной температуре сила тока в проводнике пропорциональна величине приложенного к нему напряжения:

$$I = G \cdot U \quad (1)$$

где U – напряжение на концах проводника, I – сила электрического тока в проводнике.

Величину G , характеризующую данный проводник, называют проводимостью проводника. Величина проводимости проводника зависит от его размеров, формы, природы вещества и температуры.

Проводимость в системе СИ измеряется в сименсах (См). 1 См есть проводимость проводника, в которой при напряжении в 1 В протекает ток силой в 1 А.

На практике чаще всего пользуются величиной, обратной проводимости, которое называется сопротивлением проводника:

$$R = \frac{1}{G} \quad (2)$$

Сопротивление в системе СИ измеряется в омах (Ом). Сопротивлением обладают любые проводники электрического тока. Они характеризуются величиной своего так называемого омического сопротивления, независимо от того, протекает в цепи постоянный или переменный ток.

Имеют сопротивление также всякого рода конденсаторы и индуктивности (катушки, петли, витки проводников).

В цепи постоянного тока любой конденсатор представляет собой разрыв цепи. Когда же в ней протекает переменный ток, конденсатор представляет собой некоторое сопротивление, называемое емкостным. Если емкость конденсатора C , а круговая частота тока равна ω , то емкостное сопротивление вычисляется следующим образом:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (3)$$

величина X_c также измеряется в омах.

Различного рода индуктивности в цепях постоянного тока ничем не отличаются от прямолинейных проводников. В цепи же переменного тока индуктивность создает так называемое индуктивное сопротивление:

$$X_L = \omega \cdot L \quad (4)$$

где ω – круговая частота колебаний в цепи переменного тока, L – индуктивность. Величина X_L также измеряется в Омах.

Омическое сопротивление называется активным сопротивлением. В отличие от него, емкостное и индуктивное сопротивления называются реактивными. Это связано с тем, что на участках цепи с чисто реактивными сопротивлениями не выделяется мощность, в то время как на активных сопротивлениях мощность выделяется в виде джоулева тепла.

Измерение сопротивлений всех видов одно из самых частых измерений в лабораторной практике.

В настоящей работе предполагается измерение только активных сопротивлений проводников.

Методика эксперимента

В настоящей работе измеряется сопротивление наиболее широко распространенных компонентов электротехнических и электронных схем резисторов, часто называемых просто сопротивлениями.

Оборудование:

Стенд со сменной панелью НТЦ-22.03/01; 2 цифровых мультиметра;

Необходимое оборудование выбирается в соответствии с выполняемым заданием.

Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра.

Метод основан на том, что вольтметром измеряется напряжение U на измеряемом сопротивлении R_x и амперметром сила тока I в нем. Значение R_x определяется по закону Ома для участка цепи (1, 2). Для измерения сопротивления собираются схемы, приведенные на рис. 1.3.

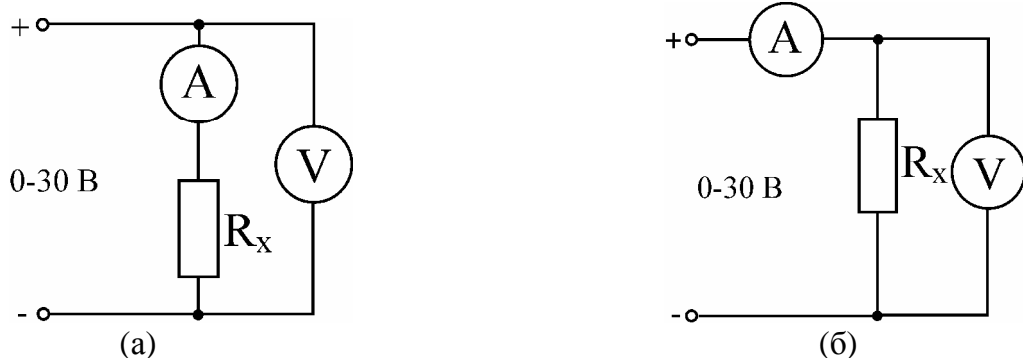


Рис. 1.3. Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра

В схеме (а) амперметр A измеряет ток, текущий через исследуемое сопротивление, так что показание амперметра, которое обозначим I_x , дает ток в измеряемом сопротивлении R_x . Но вольтметр V измеряет падение напряжения на участке цепи куда входит не только измеряемое сопротивление R_x , но и сопротивление амперметра R_A . Поэтому показание вольтметра U не равно U_x не

выражение $\frac{U}{I_X}$ не равно R_X , а суммарному сопротивлению $R_X + R_A$. Значение же R_X равно, очевидно,

$$R_X = \frac{U}{I_X} - R_A \quad (5)$$

Отсюда видно, что R_X только тогда равно частному от деления показаний вольтметра на показания амперметра, когда R_A достаточно мало по сравнению с R_X .

В схеме (б) вольтметр V измеряет падение напряжения на концах измеряемого сопротивления R_X , так что $U = U_X$, но амперметр A измеряет не силу тока I_X в измеряемом сопротивлении, а сумму токов $I_X + I_V$, где I_X - сила тока в ветви, содержащей вольтметр. Таким образом, показание амперметра, которое обозначим I_A , равно $I_X + I_V$.

Отсюда $I_X = I_A - I_V$. Так как $I_V = \frac{U}{R_V}$, то для вычисления R_X получается

формула:

$$R_X = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} \quad (6)$$

Отсюда видно, что R_X только тогда равно частному от деления показаний вольтметра на показания амперметра, когда R_V достаточно велико по сравнению с R_X .

Сопротивление приборов R_X и R_A часто указывается на приборе. Иногда указывается не сопротивление, и максимальное значение тока I_{\max} (на вольтметре) при отклонении стрелки на всю шкалу. Зная эти значения U_{\max} и I_{\max} можно найти и сопротивления R_A и R_V по формулам:

$$R_A = \frac{U_{\max}}{I_{\text{пред}}}; \quad R_V = \frac{U_{\text{пред}}}{I_{\max}}.$$

Здесь $I_{\text{пред}}$ и $U_{\text{пред}}$ - предельные значения силы тока и напряжения, измеряемые приборами. У многопредельных приборов значения R_A и R_V различны для различных пределов, так как для всех пределов U_{\max} и I_{\max} не одинаковы.

Порядок выполнения лабораторной работы:

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

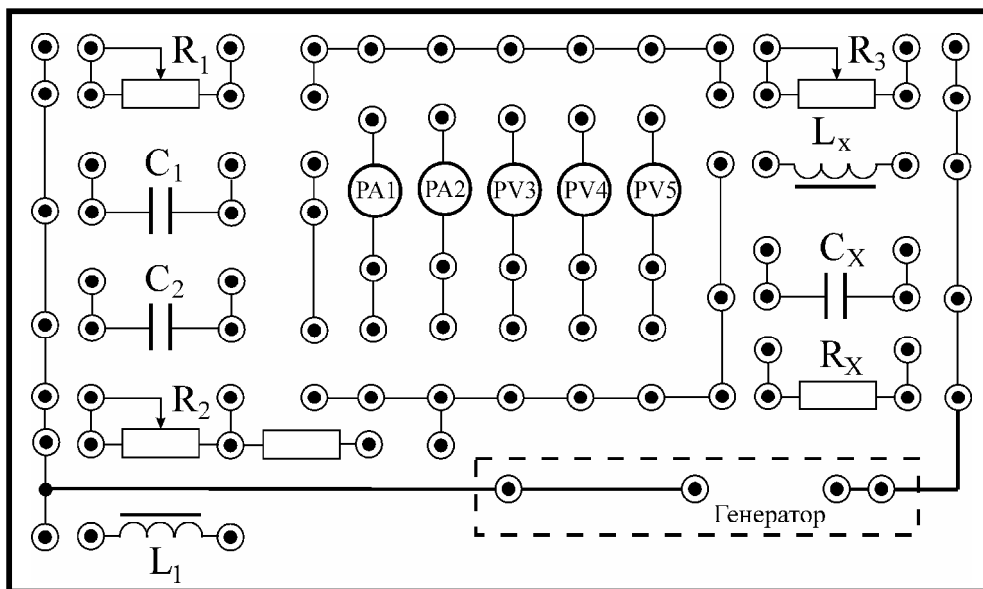


Рис. 1.4. Схема сменной панели НТЦ-22.03/01

2. Собрать схему, как показано на рис. 1.3 (а) используя монтажную схему (рис. 1.4). В цепь вместо амперметра и вольтметра необходимо включить мультиметры в режимах измерения постоянного тока (предел измерения 200 мА) и напряжения (предел измерения 20В). При сборке схемы используйте рис. 1.5.

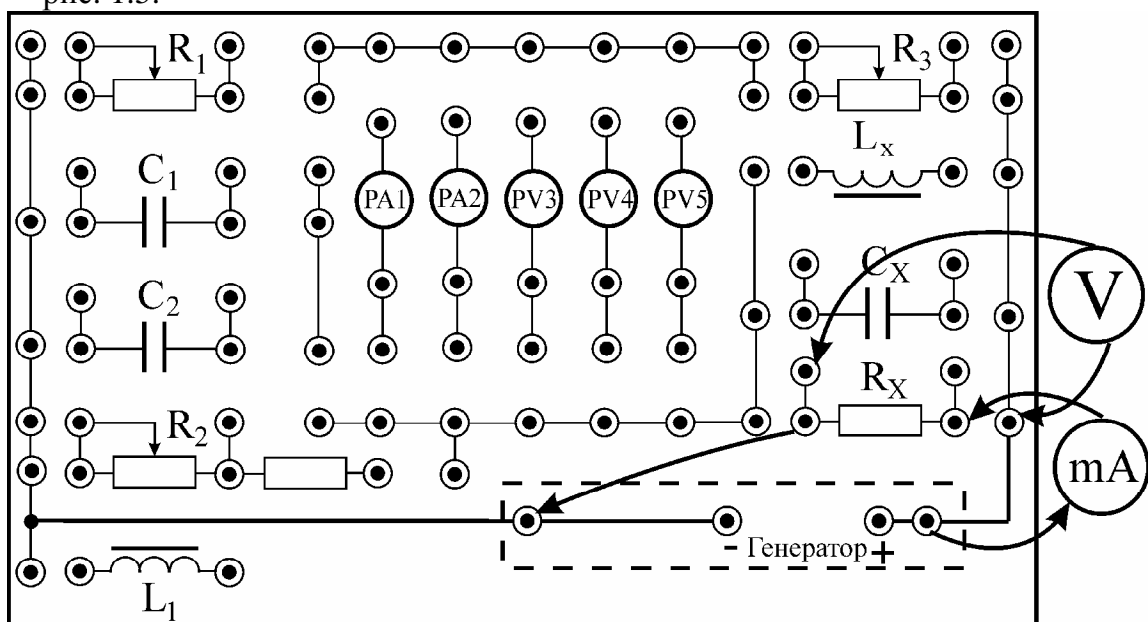


Рис. 1.5.

3. Питание схемы подается с модуля станда SA2 на вход «Генератор».
4. После проверки схемы преподавателем или лаборантом убедитесь, что на панели станда присутствуют только необходимые для проведения данного

опыта переменычки, все тумблеры и выключатели находятся в нижнем положении («ВЫКЛЮЧЕНО»), а все галетные переключатели и потенциометры в крайнем левом положении.

5. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «СЕТЬ»).
6. Установить напряжение галетным переключателем SA21 на стенде 0 В
7. Переключателем SA22 изменяем напряжение через 0,5 В до max и записываем значения постоянного тока (мультиметр1) и напряжения (мультиметр 2) в таблицу 1.
8. Переключатель SA22 поставить в крайнее левое положение.
9. На один поворот поверните переключатель SA21 и повторите п.п. 7-8.

Таблица 1.

№ п.п.	Измерено		Вычислено
	I, А	U, В	R_x , Ом
1			
2			
...			

10. Все тумблеры и выключатели установить в нижнее положение («ВЫКЛЮЧИТЬ»), а все галетные переключатели в крайнее левое положение.
11. Выключить питание стенда
12. По формуле $R_x = \frac{U}{I}$ рассчитать неизвестное сопротивление.
13. Собрать схему, как показано на рис. 1.3 (б) в соответствии со схемой сменной панели (рис. 1.4). В цепь вместо амперметра и вольтметра необходимо включить мультиметры в режимах измерения постоянного тока (предел измерения 200 мА) и напряжения (предел измерения 20В). При сборке схемы используйте рис. 1.6.

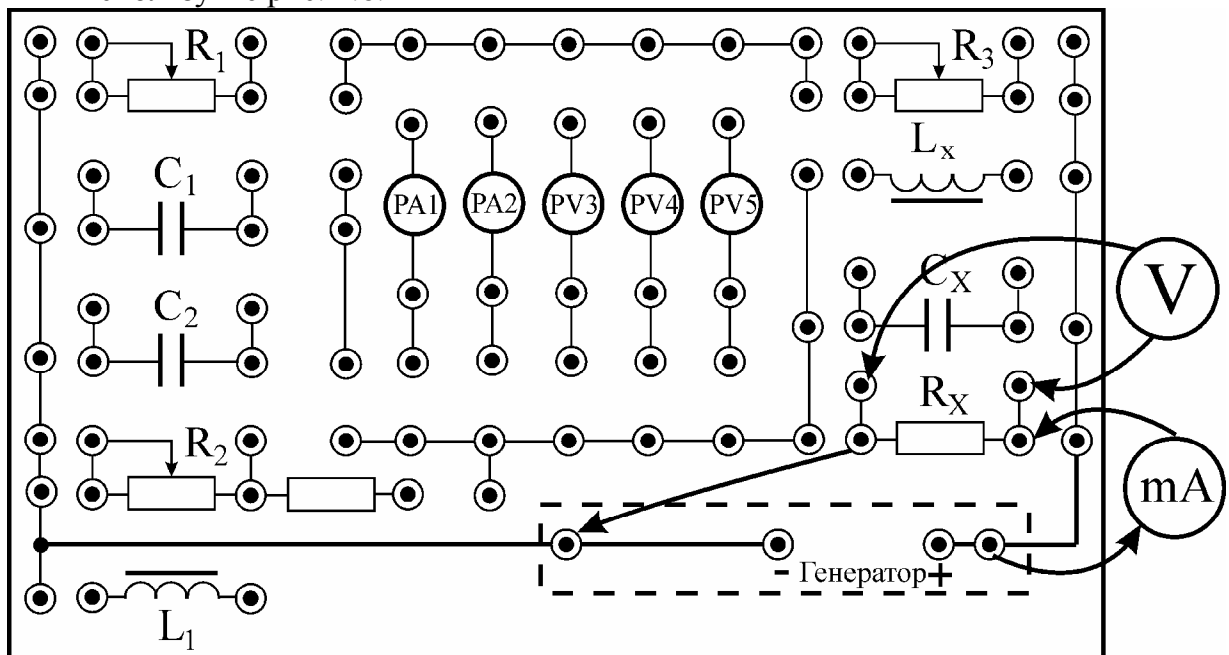


Рис. 1.6.

14. По формуле $R_x = \frac{U}{I}$ рассчитать неизвестное сопротивление.
15. Определить среднее значение сопротивления и максимальную погрешность измерения.
16. Повторить измерения и вычисления, используя в качестве неизвестного сопротивления резистор R_1 с указанным лаборантом или преподавателем положением галетных переключателей.
17. По полученным данным строим графики зависимости силы тока на элементе электрической цепи (вольт-амперная характеристика) от приложенного к нему напряжения. Если проводимость (сопротивление) элемента не зависит от силы протекающего через него тока, то вольт-амперная характеристика имеет вид прямой линии, проходящей через начало координат.
18. Все тумблеры и выключатели установить в нижнее положение («ВЫКЛЮЧИТЬ»), а все галетные переключатели в крайнее левое положение.
19. Выключить питание стенда, разобрать схему.
20. Для оценки полученной погрешности измерьте исследуемые активные сопротивления с помощью цифрового мультиметра. Соедините на панели мультиметра один провод с гнездом COM, а другой – с гнездом V/W. Полярность гнезда V/W будет положительной (+). Переключателем выберите желаемый предел измерения W и подсоедините щупы к исследуемому сопротивлению.
- Примечание:** проводите измерение величины сопротивлений в схемах при выключенном питании стенда.
21. Сравните значения исследуемого сопротивления полученными методами.
22. Оценить погрешность измерения сопротивлений.
23. Сделайте выводы.

Дополнительное задание.

Обработайте результаты измерений при помощи табличного процессора Microsoft Excel:

1. Создайте две электронные таблицы для каждого из измеряемых сопротивлений с автоматическим вычислением значений четвертого столбца.
2. Постройте вольт-амперные характеристики каждого из сопротивлений в одних координатных осях в виде точечных графиков.
3. С помощью метода наименьших квадратов аппроксимируйте экспериментальные точки прямой линией и определите проводимость, сопротивление и среднеквадратичную погрешность для каждого из сопротивлений.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и определите, что такое проводимость и сопротивление проводника?
2. Какой основной закон постоянного тока и как используется при измерениях сопротивлений?

3. От каких величин зависит сопротивление проводника?
4. Как определить сопротивления с помощью амперметра и вольтметра? Какие погрешности при этом возникают?
5. Изобразите принципиальные схемы методов измерений сопротивления.

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