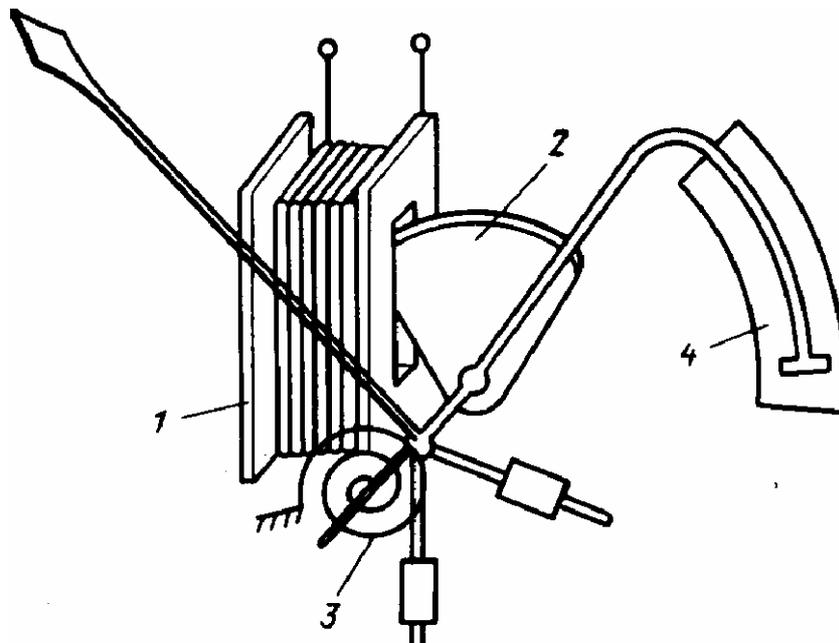


ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Кафедра микроэлектроники

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

*Методические указания
по выполнению лабораторной работы*

Ярославль 2003

ББК 3221-5

3 62

УДК 537.0

Составители: **С.П. Зимин**
А.Н. Рыбникова

Изучение электроизмерительных приборов: Метод. указания по выполнению лабораторной работы / Сост. С.П. Зимин, А.Н. Рыбникова; Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2003. 19 с.

В методических указаниях содержатся теоретические сведения, излагается порядок выполнения вводной лабораторной работы в лаборатории "Электричество".

Предназначены для студентов второго курса физического факультета.

Ил. 7. Библиогр.: 4 назв.

Печатается по решению научно-методического совета Ярославского государственного университета

Рецензент: кафедра микроэлектроники Ярославского государственного университета

© Ярославский
государственный
университет, 2003
© С.П. Зимин,
А.Н. Рыбникова, 2003

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цель работы: знакомство с электроизмерительными приборами; изучение обозначений на шкалах приборов; приобретение навыков работы с электроизмерительной аппаратурой.

1. Общие сведения

Электроизмерительные приборы предназначены для измерения различных параметров, связанных с производством, передачей и использованием электрической энергии. С их помощью могут быть определены сила тока в цепи, падение напряжения между двумя точками, электрическое сопротивление участка цепи, и т.д. Электроизмерительные приборы широко применяются и для измерения неэлектрических величин: температуры, скорости, времени, давления и т.п. В этом случае с помощью специальных датчиков происходит их преобразование в электрические величины, которые измеряются электроизмерительными приборами.

Измерительным прибором называется средство измерений, предназначенное для выработки сигнала об измеренном параметре в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы состоят из измерительных преобразователей и отсчетного устройства.

Все электроизмерительные приборы классифицируются по следующим основным признакам:

1. По роду измеряемой величины: амперметры, вольтметры, омметры, ваттметры, частотометры, счетчики и т.д.

2. По роду тока: приборы постоянного тока, приборы переменного тока, универсальные.

3. По устойчивости к климатическим воздействиям приборы делятся на следующие группы:

А - для работы в сухих, отапливаемых, закрытых помещениях при температуре от +10 до +35⁰С.

Б - для работы в закрытых неотапливаемых помещениях (подгруппа Б₁ - для диапазона температур от +5 до +50⁰С, Б₂ – от –10 до +50⁰С).

В - для работы в полевых и морских условиях (В₁ – от - 40 до +50⁰С, В₂ – от –50 до +50⁰С, В₃ – от –50 до +80⁰С).

Кроме приборов групп А, Б, В, выпускаются приборы, предназначенные для работы в тропическом климате. В этом случае к обозначению прибора добавляется буква Т, например, М145Т.

4. По устойчивости к механическим воздействиям приборы разделяются на обыкновенные, обыкновенные с повышенной механической прочностью (ОП), тряскопрочные (ТП), вибропрочные (ВП), тряскоустойчивые (ТН), виброустойчивые (ВН), ударопрочные.

5. По способу преобразования электромагнитной энергии, подводимой к прибору, в механическую энергию перемещения подвижной части, приборы разделяются на магнитоэлектрические с подвижной рамкой, магнитоэлектрические с подвижным магнитом, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, индукционные, магнитоиндукционные, электростатические и вибрационные (язычковые).

6. По преобразователям в электрической цепи приборы разделяются на выпрямительные с полупроводниковым выпрямлением, с механическим выпрямлением и термоэлектрические.

7. По количеству диапазонов измерительные приборы разделяются на однодиапазонные (однопредельные) и многодиапазонные (многопредельные).

8. По защищенности от воздействия окружающей среды приборы разделяются на обыкновенные, магнитозащищенные, водозащищенные, герметические, газозащищенные, защищенные от агрессивной среды, и т.д.

Приборы могут также классифицироваться по многим другим признакам, например по способу создания противодействующего момента, по конструкции опор подвижной части, по виду шкалы и указателя.

2. Погрешности измерительных приборов. Класс точности

Электроизмерительные приборы характеризуются абсолютной и относительной погрешностью.

1. *Абсолютной* погрешностью ΔX называется разность между показаниями прибора $X_{ИЗМ}$ и истинным значением измеряемой величины $X_{ИСТ}$.

Абсолютная погрешность выражается одним из следующих способов:

- а) одним значением: $\Delta X = X_{ИСТ} - X_{ИЗМ}$;
- б) в виде зависимости: $\Delta X = a + bX_{ИЗМ}$;
- в) в виде таблицы или графика зависимости: ΔX от $X_{ИЗМ}$.

2. *Приведенной, или нормированной*, погрешностью называется отношение абсолютной погрешности ΔX к нормирующему значению $X_{НОРМ}$:

$$\gamma = \pm \frac{100\Delta X}{X_{НОРМ}} \%$$

Нормирующее значение выбирается равным значению рабочей части шкалы, а для приборов с двухсторонней шкалой (с нулем посередине) - сумме конечных значений рабочей части шкалы.

3. *Относительная* погрешность определяется как отношение абсолютной погрешности ΔX к измеренному (истинному) значению:

$$\delta = \pm \frac{100\Delta X}{X_{ист}} \%$$

Допускается использование $\Delta X_{ИЗМ}$ вместо $X_{ИСТ}$.

Точность прибора является основной его характеристикой. По степени точности измерений приборы делятся на 7 классов: 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 4.

Показатель класса определяет приведенную погрешность измерения в процентах. Например, миллиамперметр класса 1.5 со шкалой 300 мА дает в любом месте шкалы абсолютную погрешность:

$$\Delta X = \pm 300 \frac{1.5}{100} = \pm 4.5 \text{ (мА)}.$$

Приборы класса 0.1, 0.2, 0.5 применяются для точных лабораторных измерений и называются *прецизионными*. В технике используются менее точные приборы классов 1.0 - 4.0. Класс прибора обычно указывается на его шкале. Приборы с погрешностью более 4% считаются *внеклассными*.

Важными характеристиками приборов являются их чувствительность и цена деления.

Цена деления C определяет значение электрической величины, вызывающей отклонение на одно деление, или разность значений измеряемой величины для двух соседних меток шкалы. Цена деления прибора зависит от предела измерений и числа делений шкалы.

Чувствительность $S = 1:C$ есть величина, обратная цене деления, она характеризует отношение изменения величины на выходе (например, показания прибора α) к вызывающему его изменению величины X на входе:

$$S = d\alpha:dX.$$

Размерность чувствительности зависит от характера измеряемой величины (например, чувствительность к току - деление на ампер, к напряжению - деление на вольт, и т.д.). При равномерной шкале чувствительность и цена деления в различных точках шкалы постоянны.

При отсчете луч зрения должен быть перпендикулярным к шкале, иначе возможна погрешность от паралакса. Избежать паралакса позволяют зеркальные шкалы. При отсчете от зеркальной шкалы глаз должен быть расположен так, чтобы конец стрелки покрывал свое изображение в зеркале.

На шкалу прибора обычно наносятся символы, указывающие принцип действия прибора, род тока (постоянный или переменный), рабочее положение прибора (вертикальное или горизонтальное), пробивное напряжение изоляции, класс точности, знак завода изготовителя. Иногда указывается температурная группа (А, Б, В). Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы, см. на с. 16.

3. Устройство некоторых электроизмерительных приборов

3.1. Магнитоэлектрическая система. Приборы этой системы предназначены для измерения силы и напряжения постоянного тока. С различными преобразователями приборы магнитоэлектрической системы применяются и для других измерений. Ввиду простоты кон-

струкции, надежности, высокой чувствительности, малого собственного сопротивления приборы этой системы являются основными лабораторными приборами. Устройство приборов магнитоэлектрической системы показано на рисунке 1.

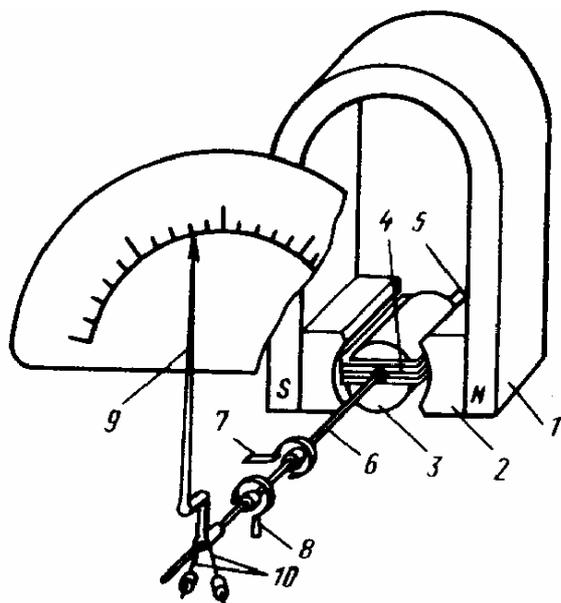


Рис. 1. Прибор магнитоэлектрической системы

Принцип действия основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и поля подвижной катушки, по которой протекает измеряемый ток. Теория взаимодействия рамки с током в магнитном поле описана в учебнике. Отметим некоторые конструктивные особенности.

Постоянный магнит 1, магнитопровод с полюсными наконечниками 2 и неподвижный сердечник 3 составляют магнитную систему механизма. В зазоре между полюсными наконечниками и сердечником создается сильное равномерное радиальное магнитное поле, в котором нахо-

дится подвижная прямоугольная катушка (рамка) 4, намотанная медным или алюминиевым проводом на алюминиевом каркасе. Катушка закреплена между полуосями 5 и 6. Спиральные пружины 7 и 8 предназначены для создания противодействующего момента. Рамка жестко соединена со стрелкой 9.

Как следует из теории, вращающий момент сил, действующих на рамку с током в магнитном поле, пропорционален току I , т. е. $M_1 = K_1 I$. Противодействующий момент, создаваемый пружинами, пропорционален углу поворота α , т. е. $M_2 = K_2 \alpha$; следовательно, угол поворота рамки (и связанной с ней стрелки) можно найти из условия равновесия моментов: $M_1 = M_2$, или $\alpha = KI$, где $K = K_1 : K_2$. Таким образом, шкала приборов магнитоэлектрической системы линейная. Так как каркас рамки сделан из алюминия, то возникающие в нем индуктивные токи при движении рамки в магнитном поле создают тормозящий момент, что обуславливает быстрое ускорение подвижной системы.

Недостатками приборов магнитоэлектрической системы являются сложность конструкции, высокая стоимость, чувствительность к перегрузкам и необходимость преобразователей для измерений на переменном токе.

3.2. *Электромагнитная система.* Приборы этой системы предназначены для измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов. Принцип действия приборов электромагнитной системы основан на взаимодействии магнитного поля катушки 1, по которой протекает измеряемый ток, и подвижного железного сердечника 2 (рис. 2). Сердечник 2 особой формы закреплен эксцентрично на оси и может входить в щель катушки, поворачиваясь вокруг оси. Под действием магнитного поля катушки сердечник втягивается в нее.

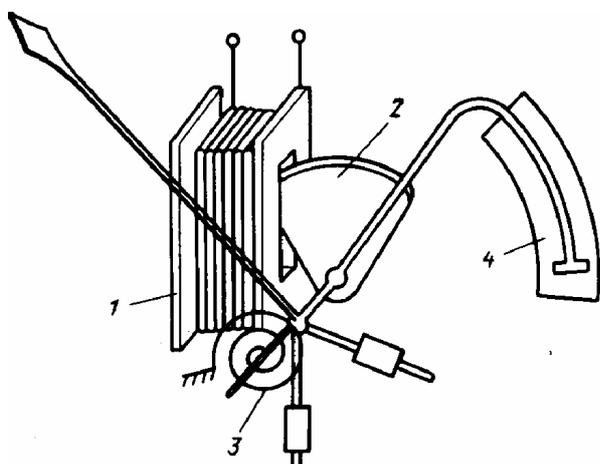


Рис. 2. Прибор электромагнитной системы

Противодействующий момент создается пружиной 3. Приборы электромагнитной системы снабжены воздушным успокоителем 4, представляющим собой камеру, в которой помещается алюминиевый поршень. При повороте сердечника поршень встречает сопротивление воздуха, вследствие чего колебания подвижной части быстро затухают. Магнитное поле катушки пропорционально току I , намагничивание железного сердечника тоже уве-

личивается с возрастанием тока, поэтому можно считать, что вращающий момент пропорционален квадрату тока $M_1 = K_1 I^2$.

Противодействующий момент пружины $M_2 = K_2 \alpha$. При равновесии $M_1 = M_2$, откуда $\alpha = K I^2$, т.е. шкала прибора электромагнитной системы приблизительно квадратичная. С изменением направления тока меняется как направление магнитного поля, так и полярность намагничивания сердечника, поэтому приборы электромагнитной системы применяются для измерения как на постоянном токе, так и на переменном токе низких частот.

Недостатками приборов этой системы являются неравномерность шкалы, меньшая точность, зависимость от внешних магнитных полей

(в механизмах без магнитопровода), большое собственное потребление мощности.

3.3. *Электродинамическая система.* Электродинамические приборы применяются для измерения тока, напряжения и мощности постоянного и переменного токов. Принцип действия основан на взаимодействии магнитных полей двух катушек, по которым протекает измеряемый ток. Внутри неподвижной катушки 1 (рис. 3) может вращаться по оси катушка 2, с которой связана стрелка. Противодействующий момент создается пружиной. Измеряемый ток протекает через обе катушки.

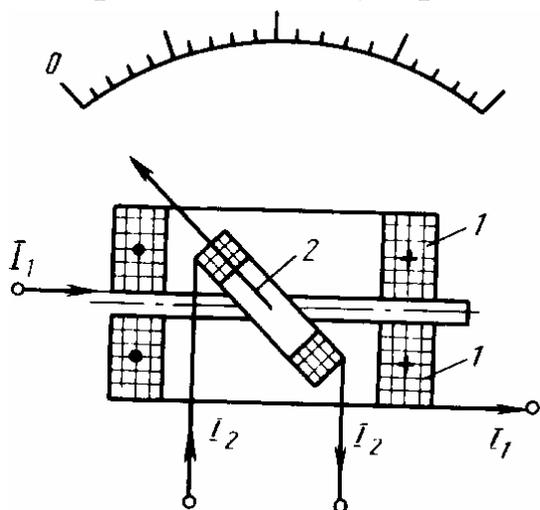


Рис. 3. Прибор электродинамической системы

В результате взаимодействия поля неподвижной катушки и тока в подвижной создается вращающий момент M , под действием которого подвижная катушка будет стремиться повернуться так, чтобы плоскость ее витков стала параллельной плоскости витков неподвижной катушки, а их магнитные поля совпадали бы по направлению. Вращающий момент приблизительно пропорционален току I_2 в неподвижной катушке и току I_1 в подвижной, т.е. $M_1 = K_1 I_1 I_2$. Противодействующий момент пружины, как обычно, равен $M_2 = K\alpha$ (α - угол поворота). Из условия равновесия $M_1 = M_2$: $\alpha = K I_1 I_2$. При последовательном соединении катушек $I_1 = I_2$ и $\alpha = K I^2$, т.е. шкала приборов электродинамической системы неравномерная.

При перемене направления тока в обеих катушках направление вращения может не меняться, следовательно, приборы этой системы пригодны для измерения как на постоянном токе, так и на переменном. Для измерения мощности неподвижная катушка делается из толстой проволоки с небольшим числом витков и включается последовательно в цепь. Подвижная катушка содержит большое число витков тонкой проволоки, включается параллельно нагрузке R_H (рис. 4).

Для увеличения ее сопротивления последовательно включается добавочное сопротивление r_D . Допустим, ток в первой катушке - I_1 , а во второй - I_2 . По закону Ома напряжение на зажимах нагрузки

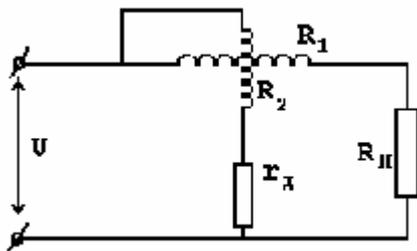


Рис. 4. Измерение мощности в приборах электродинамической системы

вольтметров и амперметров, чувствительность к перегрузкам и внешним магнитным полям, большое собственное потребление мощности, невысокая чувствительность.

3.4. Электростатическая система. Принцип действия приборов электростатической системы основан на взаимодействии двух или нескольких электрически заряженных проводников. Под действием сил электрического поля подвижные проводники перемещаются относительно неподвижных. Приборы этой системы применяются в основном как вольтметры для измерения высоких напряжений.

3.5. Индукционная система. Принцип действия приборов индукционной системы основан на взаимодействии токов, индуцируемых в подвижной части прибора, с магнитными потоками неподвижных электромагнитов. К индуцированным приборам относятся счетчики переменного тока и некоторые ваттметры.

3.6. Тепловая система. Принцип действия приборов тепловой системы основан на изменении длины проводника, по которому протекает ток, вследствие его нагревания (рис. 5). Количество теплоты, выделяемое током $Q = I^2 R t$, не зависит от напряжения, и приборы тепловой системы пригодны для измерений на постоянном и переменном токе. Шкала неравномерная.

$$U = I_2(R_2 + r_D).$$

Откуда $I_2 = U : (R_2 + r_D)$. Подставляя значение I_2 в условие равновесия моментов $\alpha = K I_1 I_2$, получим

$$\alpha = (K : (R_2 + r_D)) I_1 U = = K_3 I_1 U = = K_3 P, \text{ где } K_3 = K : (R_2 + r_D).$$

Иначе говоря, отклонение альфа пропорционально мощности P , причем шкала равномерная. Недостатками приборов этой системы являются: неравномерность шкалы у

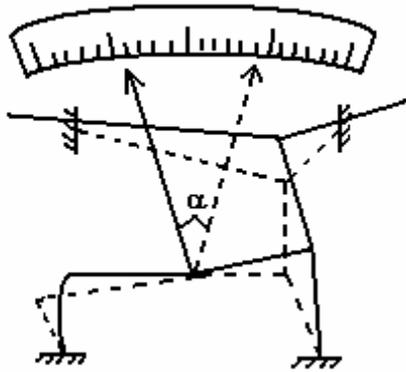


Рис. 5. Прибор тепловой системы

Недостатками приборов тепловой системы являются неравномерность шкалы, тепловая инерция, зависимость показаний от температуры среды.

3.7. *Вибрационная система.* Устройство приборов этой системы основано на резонансе при совпадении частот собственных механических колебаний подвижной части прибора с частотой переменного тока, приборы этой системы применяются в качестве герцметров для измерения частоты.

4. Многопредельные приборы

Измерительный прибор, электрическую схему которого можно переключать для изменения интервалов измеряемой величины, называется *многопредельным*. Для амперметров изменение пределов достигается включением различных шунтов, для вольтметров - включением добавочных сопротивлений.

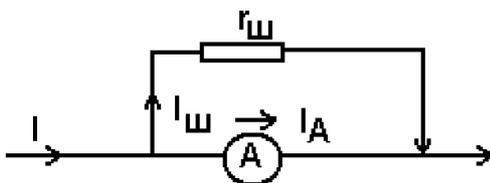


Рис. 6. Подключение шунта к амперметру

Шунтом называется сопротивление $r_{ш}$, включаемое в цепь параллельно амперметру, после чего в амперметр ответвляется только часть измеряемого тока (рис. 6). Например, если необходимо измерять амперметром ток, в n раз больший возможного для данного прибора, то надо включить сопротивление $r_{ш}$, удовлетворяющее равенству $r_{ш} = r_A / (n - 1)$, где $n = I : I_A$, I - ток в цепи, I_A - ток через амперметр, r_A - сопротивление амперметра.

Для расширения пределов измерений вольтметров применяется добавочное сопротивление, включаемое последовательно с вольтметром (рис. 7). Его величина r_0 рассчитывается из условия $r_0 = r_V(n - 1)$,

где $n = U:U_V = r:r_V$,

U - полное подводимое напряжение,

U_V - напряжение на вольтметре,

$r = r_0 + r_V$ - полное сопротивление,

r_V - сопротивление вольтметра.

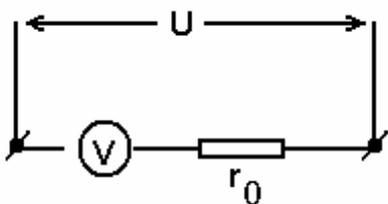


Рис. 7. Расширение пределов вольтметра при помощи добавочного сопротивления

Наличие многопредельных приборов связано с тем обстоятельством, что часто требуется измерять электрические величины в очень широком диапазоне с достаточной степенью точности в каждом интервале. В этом случае один многопредельный прибор заменяет несколько однопредельных приборов. Допустим, имеется прибор класса 1.5 со шкалой 0 - 30 мА, тогда абсолютная погрешность будет

$$\Delta I = 0,015 \times 30 = 0,45 \text{ (мА)}.$$

При измерении тока в 20 мА относительная погрешность будет

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{0,5}{20} \times 100 = 2,5\%.$$

Если же измерять этим прибором ток в 1 мА, то относительная погрешность будет

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{0,5}{1} \times 100 = 50\%.$$

В таких случаях многопредельный прибор переключают на меньший предел, чтобы стрелка отклонялась на максимальный угол, но не выходила за пределы шкалы. Иными словами, многопредельный прибор следует включать так, чтобы относительная погрешность была минимальной. Иногда многопредельные приборы снабжаются различными шкалами. Отсчет производится по шкале, соответствующей включению прибора. Часто многопредельные приборы имеют одну шкалу. При измерениях такими приборами необходимо определить переводной коэффициент $K = a:N$, где a - максимальное значение величины, которое можно измерить при данном включении прибора, N - число, стоящее против последнего деления шкалы прибора. Для нахождения значения измеряемой величины отсчет в цифрах шкалы, соответствующий

щий этой величине, необходимо умножить на переводной коэффициент. Иногда число делений шкалы и отсчета совпадают.

При использовании многопредельных приборов необходимо соблюдать следующие правила:

1. Приблизительно оценивают величину, подлежащую измерению.
2. Прибор включают на максимальный предел измерений.
3. Определяют грубо измеряемую величину, умножив отсчет на переводной коэффициент данного диапазона.
4. После этого переводят на тот диапазон, верхний предел которого ближе всего к значению измеряемой величины.
5. Если измеряемая величина увеличивается, то измерения продолжают, пока стрелка не подойдет к концу шкалы, а потом переходят на следующий (большой) диапазон. В случае уменьшения величины измерения продолжают до тех пор, пока измеряемая величина не достигнет верхнего предела следующего меньшего диапазона, после чего переходят на этот диапазон.
6. В случае применения комбинированных приборов (т.е. приборов, предназначенных для измерения различных величин: тока, напряжения, сопротивления и т.п.) необходимо каждый раз тщательно проверять соответствие установки переключателей рода работы измеряемой величине.

5. Собственное сопротивление прибора

Все электроизмерительные приборы обладают собственным внутренним сопротивлением R , которое включает в себя сопротивление рамки, шунта или добавочного сопротивления. Поэтому включение в схему прибора изменяет режим работы цепи. Внутреннее сопротивление обычно указывается на шкале. Иногда указывают не R , а падение напряжения на приборе (для амперметров) или ток, протекающий через вольтметр.

Для вольтметров R должно быть достаточно большим, так как они включаются параллельно участку цепи. Включение вольтметра считается правильным, если его сопротивление более чем на два порядка превышает сопротивление участка, к которому он подключен. В общем случае погрешность, вносимая прибором, должна быть значительно меньше погрешности, определяемой классом прибора. Если это условие не выполняется, то при различных измерениях необходимо учитывать влияние R на характеристики цепи.

6. Пять золотых правил при работе с электроизмерительными приборами

1. Убедитесь, что выбранный вами прибор по пределам измерений, по роду тока, по классу точности и т.д. соответствует цели проводимого эксперимента.

2. Расположите электроизмерительные приборы так, чтобы они и измеряемые объекты своими электромагнитными полями не влияли друг на друга. В противном случае используйте заземление приборов и кабели с защитным экраном. Подключение приборов к цепи должно быть надежным, поскольку любое неплотное соединение подводящих проводов приводит к появлению шумов и нестабильности показаний.

3. Подготовьте приборы к измерениям согласно инструкции к каждому прибору. Цифровые приборы требуют прогрева 20 – 60 минут и периодической калибровки во время длительной работы.

4. Во время проведения измерений убедитесь, что измеряемые величины стабильны, воспроизводимы, имеют одинаковые значения на разных пределах. Если наблюдаются колебания показаний около некоторого значения, то оцените реальную погрешность измерения.

5. Строго следуйте безопасным методам работы при проведении эксперимента.

7. Выполнение работы

1. Изучить обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы (с. 16).

2. Ознакомиться со всеми электроизмерительными приборами, находящимися на лабораторном столе, и дать им краткую характеристику.

3. Результаты оформить в виде таблицы:

	Назначение	Тип	Система	Предел	Род тока	Диапазон температур	Внутр. сопр.	Класс точности	Чувствительность	Цена деления	Абсолютная ошибка

Контрольные вопросы

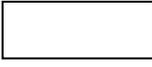
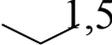
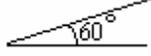
1. Что такое класс точности прибора?
2. Как, используя класс точности, определить погрешность измерения?
3. Поясните принцип действия приборов магнитоэлектрической (электромагнитной, электродинамической, электростатической, индукционной, тепловой, вибрационной) системы.
4. Сформулируйте правила работы с многопредельными приборами.
5. Почему важно знать собственное сопротивление прибора?

Литература

1. *Электрические измерения* / Под ред. А.В. Фремке, Е.М. Душина. Л.: Энергия, 1980. 280 с.
2. *Электрические измерения* / Под ред. В.Н. Малиновского. М.: Энергоиздат, 1982. 250 с.
3. *Писаревский Э.А.* Электрические измерения и приборы. М.: Энергия, 1970. 432 с.
4. *Шабалин С.А.* Ремонт электроизмерительных приборов. М.: Изд-во стандартов, 1989. 294 с.

Обозначения на шкалах приборов

	<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>
1	Ампер (килоампер, миллиампер, микроампер)	A (kA, mA, μ A)
2	Вольт (киловольт, милливольт, микровольт)	V (kV, mV, μ V)
3	Ватт	W
4	Вар	Var
5	Герц	Hz
6	Градус угла сдвига фаз	φ°
7	Коэффициент мощности	$\cos\varphi$
8	Коэффициент реактивной мощности	$\sin\varphi$
9	Ом	Ω
10	Милливебер	mWb
11	Микрофарада	μ F
12	Пикофарада	pF
13	Генри	H
14	Градус температурной шкалы Цельсия	$^\circ\text{C}$
15	Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
16	Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом	
17	Электромагнитный прибор	
18	Номинальная (подчеркнуто) и расширенная область применения	10- <u>40</u> -60-120 Гц
19	Электродинамический прибор	
20	Ферродинамический прибор	
21	Индукционный прибор	
22	Электростатический прибор	

23	Вибрационный прибор	
24	Тепловой прибор	
25	Биметаллический прибор	
26	Выпрямитель (полупроводниковый)	
27	Защита от внешних магнитных полей	
28	Защита от внешних электрических полей	
29	Постоянный ток	—
30	Переменный ток (однородный)	~
31	Постоянный и переменный ток	— ~
32	Трёхфазный ток	~ ~ ~
33	Класс точности в процентах от диапазона измерений	1,5
34	Класс точности в процентах от длины шкалы	
35	Горизонтальное положение шкалы	
36	Вертикальное положение шкалы	
37	Наклонное положение шкалы	
38	Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 киловольт	
39	Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	
40	Осторожно! прочность изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу не соответствует нормам	
41	Внимание! Смотри дополнительные указания в паспорте	
42	Отрицательный зажим	—
43	Положительный зажим	+
44	Общий зажим	*
45	Зажим постоянного тока (в комбинированных приборах)	+,-
46	Зажимы переменного тока	~

47	Зажим, соединённый с рамкой прибора	
48	Зажим, соединённый с экраном	Э
49	Зажим, соединённый с корпусом	
50	Зажим для заземления	
51	Корректор	
52	Арретир	App
53	Направление арретирования	↑
54	Температурная группа	Б, В

Изучение электроизмерительных приборов

Составители: **Зимин** Сергей Павлович
Рыбникова Алла Николаевна

Корректор А.А. Антонова
Компьютерная верстка С.И. Савинской

Подписано в печать 20.02.2003. Формат 60x84/16. Бумага тип.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 100 экз. Заказ .

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе ЯрГУ.

Отпечатано на ризографе.

Ярославский государственный университет.
150000 Ярославль, ул. Советская, 14.