

## ***Изучение электроизмерительных приборов.***

**Цель работы:** ознакомление с электроизмерительными приборами, определение чувствительности цены деления и погрешности прибора.

**Приборы и принадлежности:** набор электроизмерительных приборов, реостаты, шунты, добавочное сопротивление.

### **Теория и описание установки.**

Все электроизмерительные приборы (ЭИП) классифицируются по следующим основным признакам :

а) по роду измеряемой величины: амперметры, вольтметры, омметры, ватметры.

б) по роду тока: приборы постоянного тока, приборы переменного тока, приборы переменного и постоянного тока.

в) по принципу действия: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные

г) по степени точности: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4,0 класса.

На шкалу прибора наносятся символы, указывающие: принцип действия прибора, род тока, положение шкалы прибора при измерении, пробивное напряжение изоляции, класс точности (см. таблицу 1.)

СИМВОЛ	ПОЯСНЕНИЕ	СИМВОЛ	ПОЯСНЕНИЕ
	магнитоэлектрическая система.		горизонтальное положение шкалы при измерении
	электромагнитная система.		вертикальное положение шкалы при измерении
	электродинамическая система		класс точности
	тепловая система	0,5	пробивное напряжение изоляции 2 кВ
∅	индукционная система		прибор со встроенным выпрямителем
—	прибор постоянного тока		
~	прибор переменного тока		
	прибор постоянного и		

	переменного тока		
--	------------------	--	--

ЭИП состоит из подвижной и неподвижной части. При измерениях вращающий момент неподвижной оси уравнивается противодействующим моментом пружины или какого другого устройства. При таком равновесии указатель прибора фиксирует определенный угол поворота. Установив однозначную зависимость между углом поворота указателя прибора и численным значением измеряемой величины можно построить шкалу, по которой проводится отсчет измеряемой величины. Величина  $S$ , численно равная отношению приращения угла поворота  $d\varphi$  подвижной части прибора к приращению измеряемой величины  $dN$ , называется чувствительностью прибора.

$$S = \frac{d\varphi}{dN} \quad (1)$$

Чем выше чувствительность, тем меньше величины можно измерять прибором.

Величина  $C = \frac{1}{S}$  называется ценой деления прибора. Она определяет значение электрической величины, вызывающей отклонение на одно деление. В общем случае цена деления представляет собой разность значений измеряемой величины для двух соседних меток. Например вольтметр может измерить напряжение от 0 до 250 В. Шкала вольтметра имеет 50 делений. Тогда чувствительность прибора  $S = \frac{50}{250} = 0,2$  деление/вольт и цена деления -

$$C = \frac{250}{50} = 5 \text{ вольт/деление.}$$

При отсчете луч зрения должен быть перпендикулярен шкале, иначе возможна погрешность. При отсчете по зеркальной шкале глаз наблюдателя должен быть расположен так, чтобы конец стрелки покрывал свое изображение в зеркале.

### Основные системы ЭИП.

#### 1. Приборы магнитоэлектрической системы.

Принцип действия этих приборов основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и подвижной катушки (рамки), по которой протекает измеряемый ток. Схема устройства показана на рисунке 1. Неподвижный подковообразный магнит А имеет полюса В, которые охватывают сплошной железный сердечник. Между сердечником и полюсами имеется кольцевой зазор. На одной оси сердечника находится подвижная легкая прямоугольная рамка, имеющая обмотку из тонкого изолированного провода. Эта рамка может свободно вращаться в зазоре между сердечником и полюсами магнита. К рамке крепится указатель - стрелка. В результате взаимодействия магнитного поля магнита с током, протекающей по рамке, возникает вращательный момент, под действием которого подвижная часть прибора поворачивается

около оси. Противодействующий момент создается пружинами, через которые также проводится ток в обмотку. Зависимость угла поворота  $\varphi$  от величины тока  $I$ , протекающего по обмотке рамки прибора, имеет вид :

$$\varphi = kI,$$

где  $k$ - коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции прибора. Из этой зависимости видно что магнитоэлектрические приборы имеют равномерную шкалу. ЭИП магнитоэлектрической системы *предназначаются для измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного тока*. Из всех ЭИП с непосредственным отсчетом они дают наибольшую точность измерения и являются наиболее экономичными в смысле потребления энергии. При непосредственном включении миллиамперметры и амперметры магнитоэлектрической системы позволяют измерять токи от  $1\text{нА}$  до  $100\text{А}$ , а с применением шунта до нескольких тысяч ампер. Вольтметры этой системы измеряют напряжение от  $0,1$  до  $600\text{В}$ , а с дополнительным сопротивлением - до  $10000\text{В}$  и выше. Для переменного тока эти приборы непригодны. Чтобы измерить силу тока или напряжения для переменного тока их необходимо дополнить выпрямителем.

## 2. Приборы электромагнитной системы.

Принцип работы электромагнитной системы основан на взаимодействии магнитного поля тока, протекающего по обмотке неподвижной катушки, с неподвижным железным сердечником, помещенном в это магнитное поле. На рисунке 2 показана схема устройства электромагнитного прибора. Прибор состоит из прямоугольной катушки  $A$  с узкой щелью. Сердечник  $B$  изготовлен из мягкого железа и укреплен эксцентрично на оси, с осью сердечника скреплены стрелка  $C$ , поршень демпфера  $D$ , и спиральная пружина  $\Pi$ , создающая противодействующий момент. Ток, протекающий по катушке  $A$ , образует внутри нее магнитное поле, под действием которого железный сердечник, поворачиваясь вокруг оси, втягивается в щель катушки. При увеличении тока возрастает индукция в щели катушки и увеличивается намагничивание железного сердечника. Зависимость между углом отклонения стрелки и величиной тока имеет квадратичный вид:

$$\varphi = k' I^2,$$

где  $k'$ - коэффициент пропорциональности,  $I$ -сила тока. Очевидно, что шкала электромагнитного прибора неравномерная приборы электромагнитной системы применяются для измерения и постоянного и переменного тока и напряжения так они просты в конструкции и недороги. Пределы измерений амперметров этой системы от  $6\text{ А}$  до  $200\text{А}$ , а вольтметров - от  $3\text{ В}$  до  $600\text{ В}$ . Точность приборов этой системы меньше чем приборов магнитоэлектрической системы и зависит от внешних магнитных полей.

## 3. Приборы других систем.

а) электродинамическая система.

Принцип их действия основан на взаимодействии токов, протекающих по двум рамкам (катушкам), одна из которых подвижная, другая неподвижная. Применяют для измерения тока, напряжения и мощности в цепях постоянного и переменного токов.

б) тепловая система.

Принцип действия приборов этой системы основан на изменении длины проводника, по которому протекает ток, в следствии его нагревания. Они пригодны для измерения как на постоянном, так и на переменном токе.

в) индукционная система.

Устройство приборов индукционной системы основана на взаимодействии токов, индуктируемых в подвижной части прибора, с магнитными потоками неподвижных электромагнитов.

г) вибрационная система.

Устройство приборов этой системы основана на резонансе при совпадении частот собственных колебаний подвижной части прибора с частотой переменного тока. Они в основном применяются для измерения частоты тока.

#### Амперметры, вольтметры, гальванометры.

Амперметрами называются приборы, служащие для измерения силы тока. При измерениях амперметр включают в цепь последовательно, т.е. так, чтобы весь измеряемый ток проходил через амперметр (рис.3).

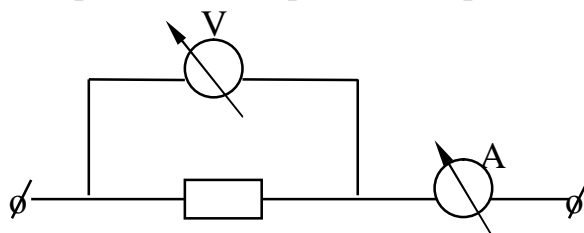


рис.3

Вольтметрами называются приборы, служащие для измерения напряжения. При измерении вольтметр включают параллельно тому участку цепи, на концах которого хотят измерить разность потенциалов (рис.3), т.е. вольтметр соединяют с теми точками А и В цепи, разность потенциалов которых нужно измерить.

Гальванометрами называют приборы, служащие для измерения весьма малых токов, напряжений и количества электричества. По принципу действия и устройству гальванометры бывают магнитоэлектрические с подвижной катушкой, магнитоэлектрические с подвижным магнитом, струнные, термогальванометры, электродинамометры и электрометры. По роду измеряемого тока гальванометры разделяют на магнитоэлектрические и вибрационные. Первые применяются для измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока, а вторые - преимущественно в качестве указателей отсутствия тока при измерении в цепях переменного тока по так называемому нулевому методу.

#### Вспомогательные электрические приборы.

1. Шунты.

Шунтом называется сопротивление, включаемое в цепь параллельно амперметру, в следствии чего в амперметр ответвляется только часть измеряемого тока (рис.4). Если необходимо измерить амперметром ток

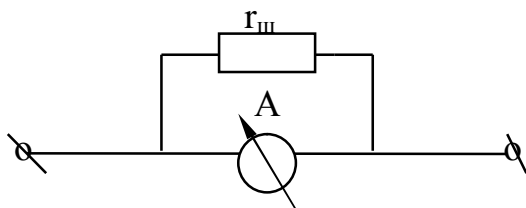


рис.4

в “n” раз больше максимально возможного для данного амперметра, то надо включать шунт  $r_{ш}$ , рассчитанной по формуле :

$$r_{\phi} = \frac{r_A}{n - 1},$$

где  $r_A$  - сопротивление амперметра.

### 2. Добавочное сопротивление .

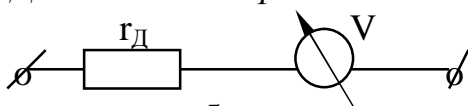


рис.5

Для расширения пределов измерения добавочное сопротивление, которое включается последовательных вольтметра применительно к вольтметру (рис.5).

Если необходимо измерить вольтметром напряжение в “n” раз больше максимально возможного для данного вольтметра, то надо включать до добавочное сопротивление  $r_d$ , рассчитанное по формуле :

$$r_d = r_v (n - 1),$$

где  $r_v$  - сопротивление вольтметра.

### 3. Реостаты, потенциометры.

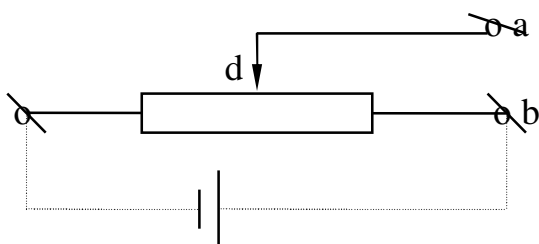


рис.6

Для измерения силы тока в цепи часто применяются реостаты. Они состоят из фарфорового цилиндра на который намотана проволока, изготовленная из металла с большим удельным сопротивлением. По проводнику может перемещаться контакт ( ползунок) d, позволяющий постепенно включать в цепь обмотку ( рис.6). Реостат включается в цепь через клемму “a“, соединенную с ползунком d и клеммами “B” и “C”.

Если клеммы “B” и “C” соединить с полюсами источника тока, то получим прибор, называемый потенциометром. Перемещая ползунок, можно получить определенное напряжение между клеммой “A” и “B” в интервале от 0 до источника.

### Оценка погрешностей электрических измерений.

Абсолютная погрешность измерений  $\delta A$ , производимых ЭИП оценивается исходя из класса точности прибора.

$$\Delta A = A \cdot h \tag{4},$$

где  $A$  - максимально возможное показание прибора.  $h$  - класс точности, разделенный на 100.

ПРИМЕР 1. Вольтметр 0,2 класса точности ( $h = 0,002$ ), шкала рассчитана на 5 В, имеет абсолютную погрешность

$$\Delta U = \pm 5 \cdot 0,002 = \pm 0,01 \text{ В}$$

амперметр класса точности 1,5 со шкалой 10 А имеет:

$$\Delta I = 10 \cdot 0,015 = \pm 0,15 \text{ А.}$$

Относительная погрешность  $\square$  (5)

ПРИМЕР 2. Мы измерили амперметром (из примера 1) токи 4А и 1А.

В первом случае  $\square$ , во втором  $\square$

Поэтому следует пользоваться такими приборами или ставить такой предел измерений, чтобы измеряемое значение составляло 70 -80% от максимально-го значения шкалы.

#### ЗАДАНИЯ.

1. Ознакомиться с различными ЭИП и сделать описание каждого прибора (название, система, класс точности и т.д.)
2. По формуле (1) вычислить чувствительность и цену деления каждого прибора.
3. По формуле (4) определить абсолютную погрешность прибора.
4. По заданию преподавателя рассчитать шунт к амперметру или добавочное сопротивление к вольтметру.

#### Вопросы.

1. Устройство, принцип действия, достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
2. Принцип действия других ЭИП.
3. Как подключается амперметр и вольтметр? Нарисовать систему подключения.
4. Как рассчитать цену деления, чувствительность, абсолютную и относительную погрешность прибора?
5. Как используется ориентирующее действие магнитного поля на контур с током электроизмерительных приборов? Какаих?

#### Литература.

1. Майсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики стр.179-193