

Законспектировать материал. Фотоотчёт (1 файл) прислать на эл. почту по расписанию

Обязательно! Прописывать предмет, фамилию в каждом фотоотчёте.

29.10.24 (11:50 – 13.20)










Классификация электроизмерительных приборов. Погрешности измерений, классы точности.

Электроизмерительные приборы классифицируются по нескольким признакам:

- ▀ по назначению амперметры, вольтметры, омметры, фазометры, ваттметры, счетчики электроэнергии и др.;
- ▀ по принципу действия электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические, индукционные и др.;
- ▀ по роду измеряемого тока постоянного тока, переменного тока, комбинированные;
- ▀ классу точности - приборы классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 (класс точности соответствует допустимому значению основной приведенной погрешности в %);
- ▀ по способу установки - щитовые и переносные.

Все данные о приборе наносят на шкалу в виде условных обозначений (ГОСТ 23217—78), примеры которых даны в табл. 4.1.

ТАБЛИЦА 4.1. Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

Характеристика прибора	Условное обозначение	Характеристика прибора	Условное обозначение (например)
<i>По назначению</i>		<i>Прочие обозначения</i>	
Амперметр	A	Класс точности	0,5
Вольтметр	V	Номинальная область частоты	45–550 Hz
Ваттметр	W	Испытательное напряжение электрической прочности изоляции относительно корпуса (кВ)	
Омметр	Ω	Положение прибора при измерении:	
Частотомер	Hz	горизонтальное	
Фазометр	φ	вертикальное	
<i>По принципу действия</i>		под углом	
Электромагнитный		Тип	Э-30
Магнитоэлектрический		Товарный знак завода-изготовителя	
Электродинамический		Заводской номер	17258
Индукционный		Год выпуска	1980
<i>По роду измеряемого тока</i>			
Постоянный ток	—		
Переменный ток	~		
Постоянный и переменный ток	— ~		
Трёхфазный ток	≡		

Результат измерения $A_{изм}$ физической величины всегда отличается от действительного ее значения A . Разность $\Delta A = A_{изм} - A$ называется абсолютной погрешностью измерения, а отношение $\Delta A / A \cdot 100$ - относительной погрешностью

Причиной погрешности могут быть несовершенство метода измерений, недостаточно точный отсчет показаний и погрешность самого прибора. Точность измерительных приборов характеризуется приведенной погрешностью (%)

$$\Delta A_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{ном}}} \cdot 100,$$

где, $A_{\text{ном}}$ – конечное значение шкалы

Абсолютная погрешность одинакова по всей шкале, поэтому, чем меньше значение измеряемой величины, тем больше относительная погрешность. В связи с этим для измерений следует подбирать такой прибор, чтобы значение измеряемой величины приходилось на вторую половину его шкалы.

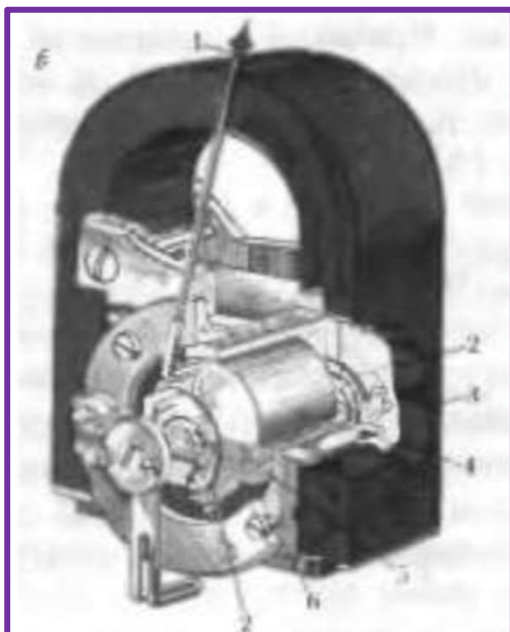


Рисунок 1. Измерительные приборы магнитоэлектрической системы

Измерительный механизм магнитоэлектрической системы.

Магнитоэлектрические приборы основаны на взаимодействии тока в проводнике с магнитным полем. Магнитная система этих приборов состоит из:

- постоянного магнита 3;
- полюсных наконечников 6;
- стального сердечника 4;
- подвижной катушки (рамки) 5;
- пружины 2 для создания противодействующего момента и подведения тока к рамке;
- стрелки прибора 1.

Зажимы приборов для пропускания по рамке тока в необходимом направлении обозначаются (+) и (-).

Направление вращающего момента и, следовательно, отклонение стрелки зависят

от направления тока в рамке, что позволяет применять магнитоэлектрические приборы для

измерения только в цепях постоянного тока. В качестве успокоителя используется алюминиевый каркас рамки.

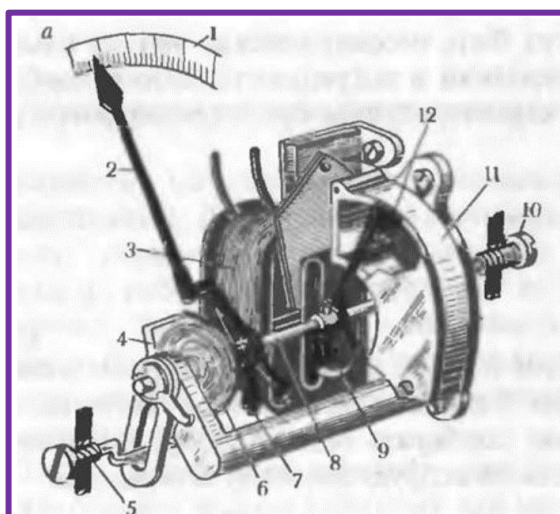


Рисунок 2 Измерительные приборы электромагнитной системы

Достоинства приборов: высокие чувствительность и точность, небольшое собственное потребление энергии, малая чувствительность к внешним магнитным полям.

Недостатки: чувствительность к перегрузкам и высокая стоимость.

Магнитоэлектрические приборы применяются как гальванометры, миллиамперметры, амперметры и вольтметры.

3. Измерительный механизм электромагнитной системы

Принцип действия электромагнитных приборов основан на свойстве втягивания

стального сердечника в катушку при прохождении по ней тока любого направления, поэтому они применяются для измерений в цепях и постоянного и переменного тока. В приборе, показанном на рисунке 2 использованы плоская катушка 3 и сердечник 9 в виде тонкой пластинки из мягкой стали

Электромагнитные приборы имеют следующие недостатки. Угол отклонения подвижной части приборов пропорционален квадрату тока, поэтому шкала приборов неравномерная (квадратичная) и начальная часть шкалы (10-20%) является нерабочей. Другой недостаток приборов этой системы - сравнительно низкая чувствительность.

Достоинства приборов: простота конструкции, стойкость при перегрузках, высокая надежность и низкая стоимость. Применяются электромагнитные приборы в основном как амперметры и вольтметры.



Рисунок 3 Схема омметра - логометра

Измерительный механизм электродинамической системы. Логометр.

Электродинамические приборы. Эти приборы основаны на взаимодействии токов двух катушек - неподвижной и подвижной. Они применяются в цепях постоянного и переменного тока. Подвижная часть примерно такая же, как в магнитоэлектрических приборах, только в качестве успокоителя используется воздушный успокоитель. Вращающий момент пропорционален произведению токов в катушках и косинусу угла сдвига фаз между ними (последнее относится к измерениям в цепях переменного тока). При использовании электродинамических приборов в качестве амперметров и вольтметров вращающий момент получается пропорциональным квадрату измеряемого тока или напряжения, а шкала неравномерной с нерабочим начальным участком 15-20 %.

Достоинством электродинамических приборов является их самая большая точность из приборов переменного тока, а **недостатками** - чувствительность к внешним магнитным полям и большое собственное потребление энергии.

Наибольшее распространение электродинамические приборы получили как ваттметры постоянного и переменного тока.

Измерительные механизмы, угол поворота которых зависит от отношения токов, называются **логометрами**.

Одна параллельная ветвь омметра логометра (Рисунок 3) состоит из рамки и измеряемого сопротивления r_x , другая ветвь — из второй рамки и добавочного сопротивления r_d

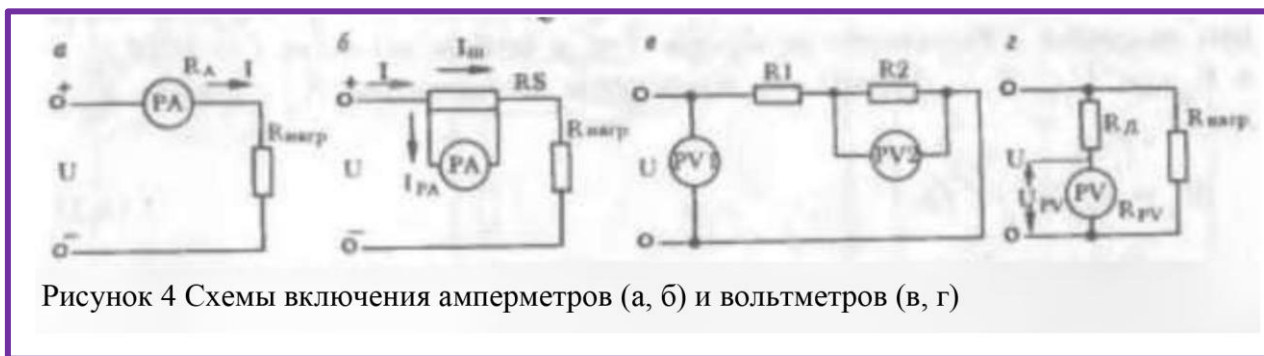
Приняв во внимание, что токи в параллельных ветвях распределяются обратно пропорционально их сопротивлениям, можно написать:

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = f\left(\frac{r_x}{r_d}\right).$$

Так как r_d неизменно, то угол поворота зависит от величины измеряемого сопротивления. Источником питания обычно служит магнитоэлектрическая машина, расположенная в кожухе омметра, приводимая во вращение от руки.

Измерение тока и напряжения. Расширение пределов измерения амперметров и вольтметров.

Измерение тока. Ток измеряется амперметрами, миллиамперметрами и микроамперметрами различных систем, включаемыми последовательно с приемником – $R_{нагр}$ (Рисунок 4, а). Чтобы влияние амперметра на режим работы цепи было незначительным, сопротивление амперметра $R_{РА}$ должно быть в сотни раз меньше сопротивления приемника $R_{нагр}$



Обмотка амперметра рассчитана на сравнительно небольшие токи. Однако приходится измерять токи в несколько десятков и сотен ампер, поэтому для расширения пределов измерения на постоянном токе параллельно обмотке прибора включают специальный резистор **шунт** (рисунок 4, б).

При этом по амперметру будет проходить часть общего тока цепи. Отношение показывающее, во сколько раз расширился предел измерения амперметра, называется **коэффициентом шунтирования** ($k_{ш}$). Для рассматриваемой цепи согласно закону Ома и первому закону Кирхгофа $R_{РА} I_{РА} = R_{ш} I_{ш}$ ($R_{ш}$ - сопротивление шунта RS) и $I = I_{РА} + I_{ш}$. Решая эти уравнения совместно получим

$$R_{ш} = \frac{R_{РА}}{k_{ш} - 1} \quad (4.1)$$

Пример. Определить сопротивление встроенного шунта в амперметре на 20 А, если сам измерительный механизм выполнен на ток 0,5 А. Сопротивление рамки прибора 0,8 Ом.

Решение. Коэффициент шунтирования составляет $k_{ш} = 20/0,5 = 40$.

Сопротивление шунта

$$R_{ш} = \frac{0,8}{40-1} = 0,0205 \text{ Ом}$$

Расширение пределов измерения электромагнитных амперметров в цепях переменного тока производится с помощью специальных трансформаторов тока.

Измерение напряжения. Напряжение измеряется вольтметрами, подключаемыми параллельно участку цепи, на котором оно определяется. На рисунке 4, в показана схема включения вольтметра $PV1$ для измерения напряжения сети и вольтметра $PV2$ для измерения напряжения на резисторе $R2$. Чтобы вольтметр не менял режима электрической цепи, его сопротивление R_{PV} должно быть по возможности больше, например, $R_{PV} > 100 R_2$

Для расширения предела измерения вольтметра последовательно с ним включают **добавочный резистор R_d** (рисунок 4, г). При этом вольтметр окажется включенным на

часть измеряемого напряжения. Отношение $U/U_p = k_d$ показывает, во сколько раз расширился предел измерения вольтметра при введении добавочного резистора.

$$R_d = R_{PV} (k_d - 1). \quad (4.2)$$

Для измерения высоких напряжений переменного тока применяют измерительные трансформаторы напряжения

Измерение мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока

Измерение мощности. В цепях постоянного и переменного тока мощность измеряют электродинамическими ваттметрами, по устройству не отличающимися от амперметров и вольтметров.

Неподвижная катушка ваттметра (токовая обмотка) с малым числом витков толстого провода включается последовательно с нагрузкой (рис. 4.5,а), а подвижная катушка (обмотка напряжения), выполненная из тонкого провода с большим числом витков, параллельно нагрузке. Шкала ваттметра равномерная. Зажим токовой обмотки, присоединяемый к сети, называется *генераторным* или *начальным*. Начальным зажимом обмотки напряжения является зажим, соединяемый с начальным зажимом токовой обмотки. Начальные зажимы отмечены звездочкой (*).

Расширение пределов измерения по напряжению производится включением добавочных резисторов в цепь обмотки напряжения, а по току (при переменном токе) - с помощью трансформаторов тока.

Измерение электрического сопротивления.

Для измерения сопротивлений применяют следующие методы:

- непосредственной оценки;
- нулевой метод;
- косвенное измерение.

Измерение методом непосредственной оценки. Измерение производится омметрами и мегомметрами. Омметры для измерения сопротивлений свыше 10 Ом выполняются по последовательной схеме. В омметрах установлен магнитоэлектрический микро- или миллиамперметр. Для измерения сопротивления какого-либо элемента его подключают к соответствующим зажимам; нажимают кнопку S , что равносильно $R_x = 0$; вращением ручки резисторе R_0 добиваются установки стрелки на нуль шкалы. После отпускания кнопки S снимают показания прибора.

Мегомметр — это переносный магнитоэлектрический прибор, состоящий из двух основных частей: измерительного устройства и источника питания - генератора постоянного тока с ручным приводом. В измерительном устройстве механическая противодействующая сила отсутствует. Подвижная часть прибора состоит из двух скрепленных между собой под углом 60 - 90° катушек. Такая система называется *логометрической*. Одна из катушек (A) включается на зажимы генератора через постоянный резистор RI , а в цепь другой катушки (B) к зажимам L (линия) и z (земля) включается элемент устройства или сети, сопротивление которого подлежит измерению.