Литература

1. Кравцов А.В. Метрология и электрические измерения. – М.: Колос, 1999. – 216с.
2. Кравцов А.В. Электрические измерения. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – 239с.
3. Панев Б.И. Электрические измерения (в вопросах и ответах). – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 239с.
4. Алукер Ш.М. Электрические измерения. – М.: Колос, 1972. – 351с.-352с.
5. Наумик С.И. и др. Основы стандартизации и контроля качества продукции. - Мн.: Ураджай, 1984. - 166с.
6. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 342с.
7. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Агропромиздат. 1987. - 367с.
8. Окрепилов В.В. Управление качеством. - М.: ОАО Изд-во "Экономика", 1998. - 639с.
9. Стандартизация и управление качеством /Под ред. Швандара В.А. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. - 487с.

Основные понятия и определения метрологии. Характеристики и параметры измерительных приборов.

1. **Основные понятия и определения в метрологии. Единицы и меры электрических и магнитных величин.**
2. **Основные характеристики измерительных приборов.**
3. **Классификация измерительных приборов.**

1

Нам все нужно измерять:
1. когда что-либо покупаем в магазине;
2. едем в автомобиле- бензин скорость;
3. напряжение и частоту в сети;
4. наука вообще не может без измерений;

5. технологические линии- любые- не могут быть без измерений

Электрические измерения- наиболее распространенный вид измерений: напряжение, ток, частота, индуктивность, ёмкость и т. д.

Неэлектрические величины в основном измеряются путем преобразования их в электрические величины: давление, температура, скорость и т. д.

Измерение – одна из форм познания материального мира. Все достижения человечества в области естествознания связаны с измерениями.

Основные термины и определения в метрологии устанавливаются **ГОСТ 16263 – 70.**

Согласно этому ГОСТ ***метрология*** – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и достижения требуемой точности, а ***измерение*** – это определение значения физической величины при помощи специальных технических средств.

Под ***физической величиной*** понимается свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

Единицей физической величины называется физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице.

Все измерения независимо от времени и места их выполнения должны обеспечивать **единство измерений** – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью. С 1963 года введена Международная система единиц СИ. Основными единицами СИ являются: длина-метр(м), масса-килограмм(кг), время-секунда(с), ток-ампер(А), температура- кельвин(К) 0°=-273°К, сила света- кандела (Кд).

Основные единицы:

Величина	Размерность	Рек.обозн.	Наименование	Рус	Межд
Длина	L	l, L	метр	м	m
Масса	M	m	килограмм	кг	kg
Время	T	T, t	секунда	с	s
Сила эл.тока	I	I	ампер	А	A
Термодинам. температура	θ	T, θ	кельвин	К	K
Сила света	J	Iv	кандела	Кд	Cd

Таблица: обозначение приставок.

Наимен. приста-вок	Отношение к основной единице	Обозначение рус.	Обозначение латинск. греческ.	Наименование приставок.	Отношение к основной единице	Обозначение рус.	Обозначение латинск. греческ.
Пико	10^{-12}	п	p	Дека	10^{1}	да	da

Нано	10^{-9}	Н	n	Гекто	10^{2}	г	h
Микро	10^{-6}	мк	μ	Кило	10^{3}	к	k
Милли	10^{-3}	м	m	Мега	10^{6}	М	M
Санти	10^{-2}	с	c	Гига	10^{9}	Г	G
Деци	10^{-1}	д	d	Тера	10^{12}	Т	T
Фемто	10^{-15}	ф	f	Пета	10^{15}	П	P
Атто	10^{-18}	а	a	Экса	10^{18}	Э	E

Техническое средство измерений – средство, используемое для измерений и имеющее нормированные метрологические погрешности. Различают **следующие виды** средств электрических измерений:

1. **Мера** – средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Например, гиря, измерительная катушка сопротивления. Одной из разновидностей мер является **образцовое средство измерений**, которое представляет собой утвержденный в качестве образцового измерительный прибор, служащий для поверки по нему других приборов.

Меры подразделяют на ***эталоны***, ***образцовые*** и ***рабочие.***

Эталоны – воспроизводят единицу физической величины. Те эталоны, что делают это с наивысшей точностью, называются **первичными**, а эталоны, значение которых устанавливают по первичному – **вторичными**.

Образцовые меры служат для поверки рабочих мер и измерительных приборов и иногда используются для измерений.

Рабочие меры используются для измерений и поверки измерительных приборов.

Рассмотрим некоторые меры электрических величин

1. **Мера ЭДС**. Мерами ЭДС служат ***нормальные элементы*** – специальные гальванические элементы ЭДС (Рис.1).

Элемент выполнен в виде **Н** – образного стеклянного сосуда с двумя платиновыми электродами в нижней его части. Положительным электродом является **ртуть** 2, а отрицательным – **амальгама кадмия** 3 в правой части сосуда. В качестве электролита используется раствор **сернокислого кадмия** 5, который может быть ***насыщенным*** и ***ненасыщенным*** (поэтому элемент также называется ***насыщенным*** или ***ненасыщенным***). Насыщение раствора

обеспечивается кристаллами **сернокислого кадмия** 4. Для деполяризации служит **паста из сернокислой ртути и кристаллы сернокислого кадмия** 1.

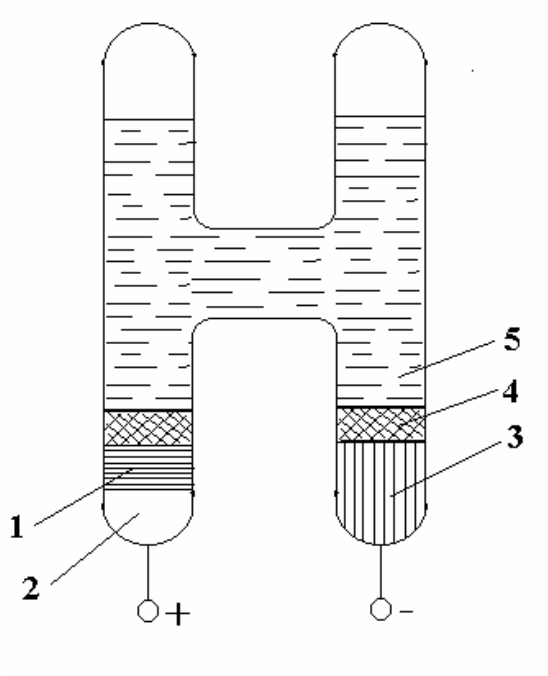


Рис. 1

Значение ЭДС элемента в зависимости от точности изготовления колеблется в пределах **от 1, 0185 до 1, 01194 В**.

2**. Мера электрического сопротивления**. Она представляет собой резистор в виде катушки. На практике несколько катушек комплектуют в **магазины сопротивлений**, получая ***многозначную меру***. Для уменьшения влияния температуры на значение воспроизводимого сопротивления катушки наматывают из манганинового провода или ленты. Меры изготовляют для воспроизведения в пределах от 10^{-5} до 10^{10} Ом. Все измерительные резисторы с номинальным значением сопротивления менее 10^{4}Ом изготавливают с четырьмя контактами (два **токовых** и два **потенциальных**) (рис.2). Токовыми контактами резистор включают в цепь последовательно, а потенциальными измеряют падение напряжение на резисторе. Меры электрических сопротивлений изготавливают на следующие классы точности: **0,0005; 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,05; 0,02; 0,1.**

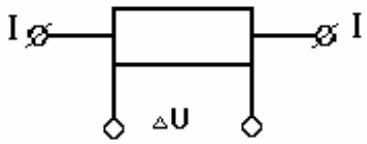


Рис.2

3. **Меры индуктивности и взаимной индуктивности** выполняют в виде измерительных катушек или магазинов. Меры индуктивности изготовляют на номинальные значения индуктивности: **0,0001; 0,001; 0,01; 0,1 и** 1Гн.

Меры взаимной индуктивности представляют собой две измерительные катушки, намотанные на один каркас.

4. **Меры емкости** – это воздушные или слюдяные конденсаторы постоянной или переменной емкости (или магазины емкостей). Номинальные значения емкости – **50…4000ПФ**. Классы точности: **0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5.**

2. **Электроизмерительный прибор** – средство электрических измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для наблюдателя. Измерительные приборы бывают различными в зависимости от назначения и физических явлений, положенных в основу их работы.

3. **Измерительный преобразователь** – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, переработки и хранения, но не поддающейся непосредственной оценке наблюдателем. ИП подразделяют на ***преобразователи электрических величин в электрические*** (трансформаторы, делители напряжения) и ***неэлектрических величин в электрические*** (различные датчики).

4. **Измерительные информационные системы** – совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи и предназначенных для автоматического получения измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических сетях управления.

В зависимости от способа получения результата измерения делятся на **прямые** и **косвенные**.

Прямыми называются измерения, результат которых получается непосредственно из опытных данных. Например, измерение тока амперметром.

Косвенными называются измерения, при которых искомая величина непосредственно не измеряется, а ее значение определяется на основе определенной зависимости между этой величиной и величинами, полученными в результате прямых измерений. Например, измерение мощности методом амперметра-вольтметра:

$$P = U_{изм} \cdot I_{изм}$$

2

Основные характеристики приборов следующие:

1. ***Погрешности приборов***. Они показывают степень расхождения показаний прибора и истинного значения измеряемой величины. По способу выражения погрешности разделяют на **абсолютную**, **относительную** и **приведенную.**

- ***Абсолютная погрешность прибора*** представляет собой разность между показанием прибора и истинным значением

$$\Delta X_П = X_П - X$$

где $X_П$ – показание прибора;
X – истинное значение измеряемой величины.

Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком, называется ***поправкой.***

- ***Относительная погрешность*** рассчитывается как отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

$$\delta_П = \Delta X_П / X \bullet 100\%$$

Относительная погрешность выражается в процентах.

- ***Приведенная (приведенная относительная)*** погрешность. Это выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к **нормирующему значению**:

$$\gamma = \Delta X_П / X_N \bullet 100\%$$

где X_N – нормирующее значение.

Для приборов с нулевой отметкой (слева) нормирующее значение равно *конечному значению предела (диапазона) измерений.*

Для приборов с двухсторонней шкалой (нуль посередине) оно равно *арифметической сумме конечных значений диапазона измерений.*

Пример. Измерили 218В. Действительное значение – 220В. Предел прибора –250В.

Абсолютная погрешность: $\Delta = 218 - 220 = -2$В. Поправка 2В.

Относительная погрешность: $\delta = (-2В / 220В) \bullet 100\% = -0{,}9\%$

Приведенная погрешность: $\gamma = (-2 / 250) \bullet 100\% = -0{,}8\%$

Приведенная погрешность определяет ***класс точности прибора***, который указывается на его шкале.

Классы точности обычно бывают следующие:

- **контрольные (образцовые)** - 0,05; 0,1; 0,2; 0,5
- **лабораторные** - 1,0; 1,5
- **рабочие (технические)** - 2,5; 4,0

Пример. На приборе указан класс точности 1,5. То есть приведенная погрешность прибора не должна быть больше 1,5%.

Если обозначаемое на шкале значение класса точности обведено кружком, например **1,5**, то это значит, что у данного прибора *нормируемая погрешность* – ***относительная***. Так нормируются погрешности у счетчиков, делителей напряжения, шунтов, трансформаторов тока и напряжения и других масштабных преобразователей.

На приборах с неравномерной шкалой (например, омметрах) *класс точности указывают* ***в долях от длины шкалы,*** например, 1,5.

В этом случае приведенная погрешность выражается:

$$\gamma = \Delta X_{П} / l \bullet 100\%$$

где l – длина шкалы, мм.

2. ***Чувствительность измерительного прибора***. Это отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Бывает ***абсолютная*** и ***относительная***

Абсолютная чувствительность

$$Sa = a / x$$

Где **a** – сигнал на выходе прибора;
x – измеряемая величина.

Относительная чувствительность

$$So = da / dx$$

Где **da** – изменение сигнала на выходе;
dx – изменение измеряемой величины

3. ***Цена деления шкалы*** определяется разностью значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы прибора. Она может быть определена через абсолютную чувствительность и *равна числу единиц измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы прибора:*

$$C = 1/S = x/a$$

4. ***Стабильность*** – качество, отражающее неизменность метрологических свойств во времени. Изменение этих свойств вызывает дополнительные погрешности.

5. Перегрузочная способность – способность прибора определенное время выдерживать перегрузки, превышающие допустимые. Так, изоляция прибора при выпуске с завода подвергается испытанию повышенным напряжением и на приборе ставится специальный значок:

- прибор испытан напряжением 2 кВ

- прибор испытан напряжением 500В

- прибор испытанию не подлежит

4. ***Время успокоения*** измеряется от момента подачи величины, подлежащей измерению на прибор до момента, когда амплитуда колебаний подвижной части станет равной (или меньше) абсолютной погрешности прибора. У большинства приборов время успокоения 4с.

5. ***Собственное потребление*** – мощность, потребляемая прибором из сети. В зависимости от свойств современных измерительных приборов их собственное потребление достигает 10…15 Вт.

Надежность – способность прибора сохранять нормированные характеристики в течение заданного времени.

3 **<u>Измерительные приборы классифицируются</u>**:

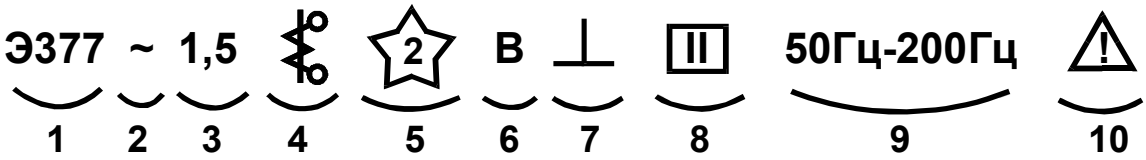
- **<u>По функциональным особенностям</u>**. Здесь <u>две группы</u> приборов – ***для получения, обработки, предоставления информации*** и ***для аттестации и поверки***.

- **<u>По методу измерения</u>** приборы подразделяются на ***приборы непосредственной оценки*** и ***приборы сравнения***.
- **<u>По способу представления результатов</u>** - на ***показывающие*** и ***регистрирующие***.
- **<u>По способу применения и конструкции</u>** – на ***щитовые***, ***переносные*** и ***стационарные.***
- **<u>По точности –</u>** на ***приборы с нормированными погрешностями***, ***индикаторы*** (внеклассные приборы) и ***указатели***, у которых погрешности не нормируются.
- **<u>По принципу действия -</u>** на ***электромеханические, электронные, тепловые*** и т.д.
- **<u>По назначению –</u>** на приборы для измерения ***электрических, неэлектрических, магнитных, тепловых, химических*** и других величин.
- **<u>По защищенности от внешних воздействий –</u>** ***на обыкновенные, влаго-, газо-, пыленепроницаемые, герметичные и взрывоопасные.***

Условные обозначения, наносимые на шкалы приборов.

На каждый прибор в соответствии с **ГОСТ 23217-78** наносятся определенные обозначения.

<u>Например</u>:



1 и 4 – **принцип действия**:

1 – буквенное обозначение (тип прибора); 4 – графическое (в данном случае – прибор электромагнитной системы)

Обозначения приборов изучить самостоятельно.

2. – **род тока**:

« » - переменный; « » - постоянный; « » - постоянный и переменный; « » - трехфазный;

3. – **класс точности**: 1,5 (1,5) 1,5

6. – **измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана** (звездочки – см. ранее);

6. – **условия эксплуатации**:

- **А** - для работы в сухих отапливаемых помещениях (t = +10…+35^{0}C);
- **Б** - в закрытых неотапливаемых помещениях (t = -30…+40^{0}C);
- **В** - для полевых условий и мастерских:
  $В_1$ - (t = -40…+50^{0}C); **$В_2$** - (t = -50…+60^{0}C); **$В_3$** - (t = -50…+80^{0}C) с повышенной влажностью (до 95%)
- **Т** – в тропическом климате.

7. – **прибор правильно работает**

- при горизонтальном расположении шкалы;

- при вертикальном расположении шкалы;

- в наклонном положении (в данном случае угол наклона –60^0)

8. – **защищенность от внешних магнитных полей**;
9. – **частотный диапазон** (подчеркнуто - номинальный диапазон частот, остальное – расширенный);

10. – **при работе с прибором соблюдать осторожность**.

Также на прибор наносятся **основные единицы измерения** и их **кратные и дольные значения**. На шкале прибора **также** обозначены:

- **ГОСТ;**
- **заводской номер;**
- **эмблема завода-изготовителя;**
- **год выпуска**