

Лекция № 2. Общие сведения о средствах измерений

Все средства измерений делятся на:

- меры;
- измерительные преобразователи;
- измерительные приборы;
- измерительные установки;
- измерительные системы.

Образцовое средство измерений (мера, измерительный прибор) служит для поверки других средств измерений, т.е. для передачи размера единицы. По точности образцовые средства измерений делятся на 4 разряда, каждый из которых соответствует одной ступени поверочной схемы.

Рабочее средство измерений – используется для измерений не связанных с поверкой, т.е. с передачей размера единиц. К средствам измерений относятся также *внешние источники питания* с нормированными параметрами выходного напряжения. *Источниками постоянного напряжения* могут быть выпрямители со стабилизатором на выходе, химические, термоэлектрические, фотоэлектрические и атомные. *Источниками переменного напряжения* являются генераторы измерительных сигналов, вырабатывающие различные по форме, значению и частоте напряжения.

Измерительные приборы разделяются по назначению на 3 группы:

- *источники калиброванных измерительных сигналов*, используемых для воздействия на исследуемые объекты с целью получения их экспериментальных характеристик, а также для градуировки рабочих приборов и измерения некоторых параметров сигналов;
- *приборы для измерения значений физических величин, параметров сигналов и режимов цепей* (амперметры, вольтметры, ваттметры, измерители нелинейностей и др.). Для приведения в действие этих приборов на их вход подаются напряжение, ток или мощность с выхода исследуемого объекта;
- *приборы для измерения характеристик и параметров цепей*. Приборы этой группы включают в себя встроенный источник измерительных сигналов и измерительный прибор для измерения значений физических величин, т.е. в этой группе объединяются приборы предыдущих двух групп. К таким приборам относятся: измерители индуктивности катушек, емкости конденсаторов, сопротивления резисторов.

Меры электрических величин

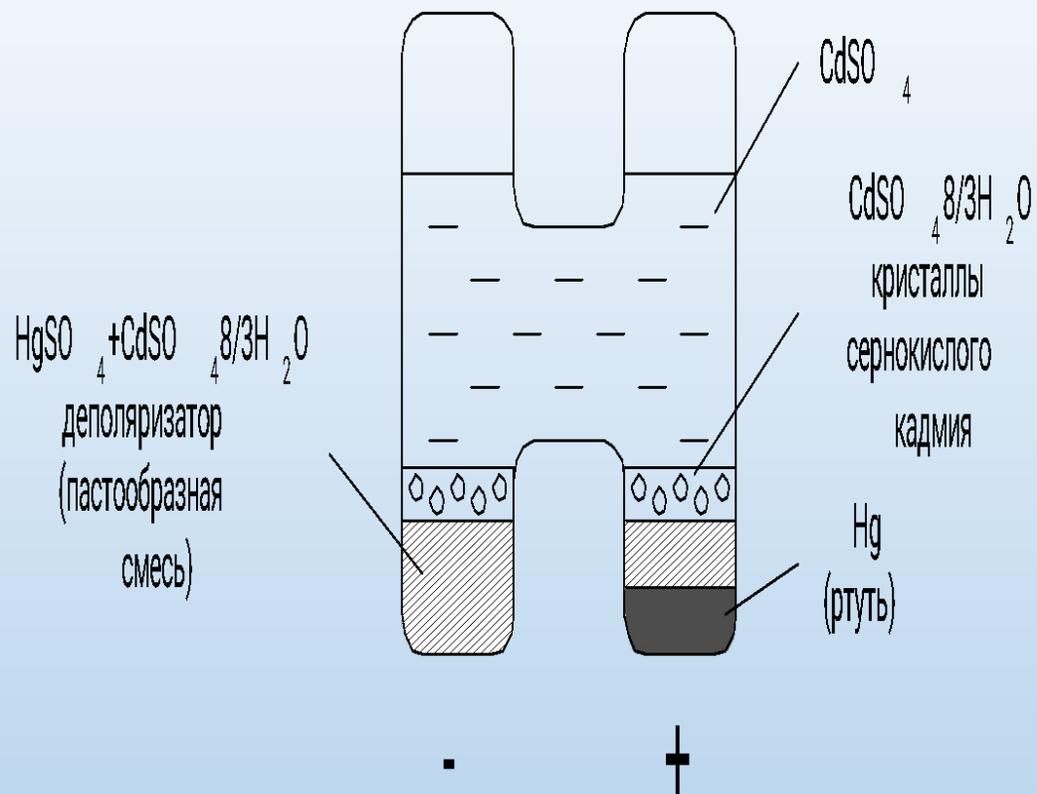
Мерой называется средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного значения. По *назначению* меры разделяются на образцовые и рабочие. По *воспроизводимым значениям* – на однозначные, многозначные и наборы. *Однозначные* меры воспроизводят физическую величину одного размера. *Многозначные* – ряд одноименных разного разряда. Набор мер – содержит комплект мер, применяемых как в отдельности, так и различных сочетаниях. Набор мер, конструктивно объединенных в одно целое с переключающим устройством для воспроизведения ряда одноименных величин различного значения, называется *магазином* (сопротивлений, индуктивностей и т.д.).

Среди образцовых средств измерений особое место занимает **эталон** – единица физической величины, представляющая собой комплекс средств измерений, выполненный по особой спецификации и утвержденной Государственным стандартом в качестве эталона. Он предназначен для воспроизведения и (или) хранения единицы с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений. Существуют эталоны единиц длины, времени (частоты), напряжения, тока, сопротивления, фазы и др. величин. Для каждой единицы используется *семейство эталонов*:

- *первичный эталон*, воспроизводящий единицу с наивысшей в данной стране точностью;
- *вторичный*, значение которого устанавливается по первичному эталону;
- *эталон-копия*, вторичный эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочему эталону;
- *рабочий эталон* – для передачи размера единицы образцовым средствам измерений.

Мера электродвижущей силы (ЭДС)

В качестве образцовой меры ЭДС используются нормальные элементы, составные части которых строго нормированы. Положительным электродом элемента является ртуть, отрицательным — амальгама кадмия, электролит — водный раствор сернокислого кадмия. Нормальные элементы выпускаются в деревянных или пластмассовых кожухах, их нельзя опрокидывать, встряхивать, подвергать нагреву и сильному освещению. Нормальный элемент — это электрохимический элемент



Нормальный элемент

Мера электрического сопротивления

В качестве мер сопротивления применяются образцовые резисторы, выполненные в виде катушек с одним значением сопротивления $10^{\pm N}$, где N – целое число. Применяются и наборы образцовых резисторов – магазины сопротивлений.

Основной характеристикой образцового сопротивления является *относительная погрешность подгонки* меры под заданный номинал.

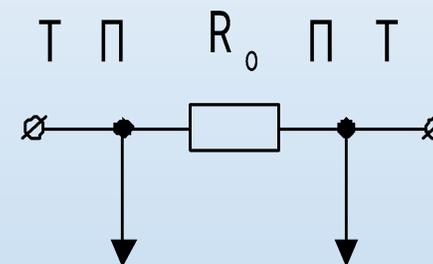
Требования, предъявляемые к образцовым сопротивлениям:

- постоянство сопротивления во времени;
- независимость от температуры;
- малая термоЭДС в паре с медью;
- малые габариты и размеры.

Все образцовые сопротивления снабжены двумя парами зажимов.

Две пары зажимов создаются для уменьшения неопределенности контактного сопротивления ($R_k \cong 10^{-3} \div 10^{-4}$).

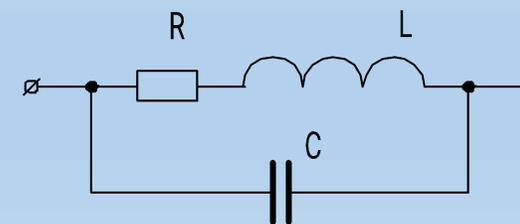
При включении катушки сопротивления в цепь переменного тока появляется реактивное сопротивление за счет индуктивности обмотки L и собственной емкости катушки C . Полное сопротивление катушки, по сравнению с ее эквивалентной схемой



Образцовое сопротивление

Т – токовые зажимы, посредством которых образцовое сопротивление включается в цепь тока;

П – потенциальные зажимы для подключения к измерительным цепям.



Эквивалентная схема катушки сопротивления

Измерительные преобразователи

Измерительные преобразователи – средства измерения, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, неподдающейся непосредственному восприятию наблюдателя.

В измерительной технике используются следующие виды преобразователей:

- электромеханические;
- термоэлектрические;
- выпрямительные;
- аналого-цифровые;
- масштабные.

В **электромеханическом** преобразователе электромагнитная энергия $W_{эм}$ поступающей на вход величины x преобразуется в механическую, вызывающую перемещение подвижной части преобразователя относительно неподвижной. Используется преимущественно угловое перемещение, при котором подвижная часть поворачивается вокруг оси на $\angle \alpha$, пропорциональный входной физической величине, $\alpha = f(a, x)$ где a – параметр преобразования.

Термоэлектрические преобразователи предназначены для преобразования электрического тока (чаще переменного) в постоянное напряжение (ток пропорционален нагреву проводника).

Выпрямительные преобразователи преобразуют переменный ток в пульсирующий, постоянная составляющая которого является выходной величиной преобразователя. Выпрямительные преобразователи подразделяются на преобразователи средневыпрямленного (среднего) и амплитудного (пикового) значения. Выходная величина (постоянная составляющая) является функцией среднего или амплитудного значения входной величины, т.е. переменного тока или напряжения.

Аналого-цифровые (АЦП) предназначены для преобразования непрерывной электрической величины в дискретный сигнал. В общем виде АЦП состоит из трех узлов: дискретизирующего узла (задает шаг дискретности T), квантующего узла (значения непрерывной величины последовательно фиксируются в интервалах дискретности в виде решетчатой функции), кодирующего узла (квантованные значения преобразуются в электрический код, удобный для дальнейшего использования).

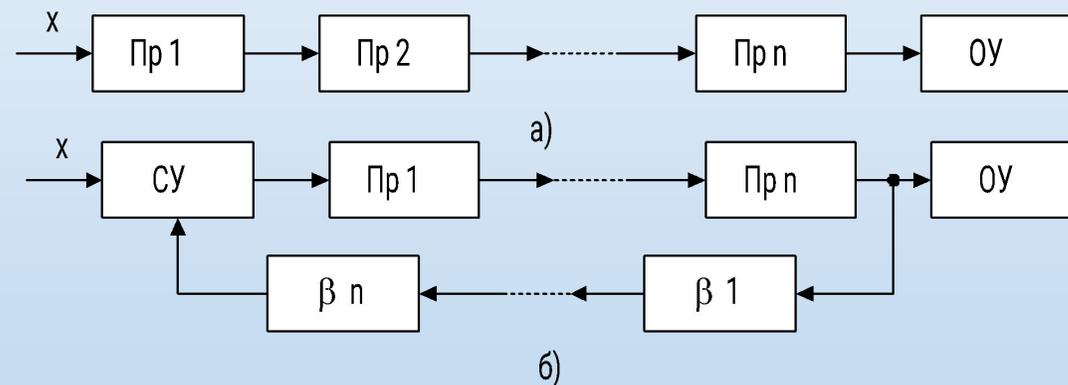
Достоинства АЦП: высокая помехоустойчивость, быстродействие, малая погрешность преобразования.

Масштабные преобразователи предназначены для изменения значения электрической величины в заданное число раз. К ним относятся: делители напряжения, аттенюаторы (от фр. *attenuer* – ослаблять), измерительные трансформаторы, измерительные усилители. Масштабные преобразователи могут быть отдельными средствами измерений, либо являться частью других средств измерений.

Делители напряжения предназначены для уменьшения напряжения. Простейший делитель состоит из двух последовательно соединенных резисторов.

Измерительные приборы

Измерительными приборами называют средства измерения, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы состоят из измерительного преобразователя и отсчетного устройства.



Функциональная схема измерительных приборов: а) прямого преобразования; б) уравнивания (сравнения)

В измерительных приборах прямого преобразования преобразование измеряемой величины происходит в одном направлении; в приборах уравнивания (сравнения) кроме прямого преобразования используется обратная связь (ОС): измеряемая величина подвергается прямому преобразованию и по цепи обратной связи поступает на сравнивающее устройство (СУ), которое реагирует на Δx и по известному коэффициенту передачи цепи ОС преобразователя позволяет определить значение измеряемой величины.

К приборам уравнивания относятся *компенсационные приборы*, в цепи ОС которых помещена образцовая мера, значения ее подстраиваются значению равной измеряемой величине по нулевой отметке индикатора СУ.

Измерительные приборы классифицируются по признакам

1) по принципу действия преобразователей:

- электромеханические;
- электромагнитные;
- электродинамические;
- ферродинамические;
- выпрямительные;
- термоэлектрические;
- электронные;

2) по роду тока:

- для измерения постоянного тока;
- для измерения переменного тока;
- универсальные;

3) по диапазону частот:

- низкочастотные;
- высокочастотные;
- сверхвысокочастотные;

4) по виду информации:

- аналоговые;
- цифровые;

5) по форме информации:

- показывающие;
- регистрирующие;