

МЕТРОЛОГИЯ И ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Лекция 4. Виды и методы измерений

Понятие измерения

В метрологии измерение определяется как совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу физической величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение этой величины.

Процессу нахождения значения физической величины опытным путем с использованием специальных технических средств соответствует уравнение метрологии, связывающее значение измеряемой величины A с значением этой величины, принятым за единицу измерения $[A]$:

$$A = n[A]$$

где n – числовое значение физической величины.

Измерения как экспериментальные процедуры определения значений измеряемых величин весьма разнообразны.

Область измерений

Совокупность измерений физических величин, свойственных какой-либо области науки или техники и имеющие свою специфику, называют областью измерений.

Принято различать следующие основные области измерений: измерения геометрических величин; измерения механических величин; измерения параметров потока, расхода, уровня, объема веществ; физико-химические измерения; измерения времени и частоты; измерения электрических и магнитных величин на постоянном и переменном токе; измерения акустических величин; радиоэлектронные измерения и др.

Наиболее близкими к области телекоммуникационных систем являются следующие виды измерений: энергетических и силовых величин сигналов; параметров элементов радиотехнических устройств, параметров электромагнитных полей, параметров модулированных сигналов и др.

Виды измерений

Классификация видов измерений представлена в таблице

<i>Классификационный признак</i>	<i>Вид измерения</i>
По виду измеряемой величины	Измерения электрического сопротивления, электрического напряжения, мощности электрического сигнала, напряженности магнитного поля и др.
По способу нахождения числового значения измеряемой величины	Прямые, косвенные, совместные, совокупные
По способу выражения результатов измерения	Абсолютные, относительные
По характеру зависимости измеряемой величины от времени	Статические, динамические
По точности измерения	Максимально возможной точности, технические

Прямые и косвенные измерения

Прямое измерение — измерение, при котором исходное значение величины находят непосредственно из опытных данных в результате выполнения измерения. Например, измерение амперметром силы тока.

Косвенное измерение — измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, которые подвергаются прямым измерениям. Например, измерение сопротивления резистора с помощью амперметра и вольтметра с использованием зависимости, связывающей сопротивление с напряжением и током.

Совместные и совокупные измерения

Совместные измерения — это проводимые одновременно измерения двух или более неоднородных величин для нахождения зависимости между ними. Классическим примером совместных измерений является нахождение зависимости сопротивления резистора от температуры:

$$R(t^\circ) = R_{20} [1 + A(t^\circ - 20) + B(t^\circ - 20)^2]$$

где R_{20} — сопротивление резистора при $t = 20^\circ \text{C}$; A, B — температурные коэффициенты.

Для получения зависимости $R(t^\circ)$ необходимо провести минимум три измерения сопротивления R при трех различных температурах $R(t_1^\circ)$, $R(t_2^\circ)$, $R(t_3^\circ)$, составить систему из трех уравнений и решив ее, определить коэффициенты R_{20}, A, B искомой зависимости.

Совокупные измерения — это проводимые одновременно измерения нескольких однородных величин, при которых искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях и различных сочетаниях этих величин.

Примером совокупных измерений может служить нахождение сопротивлений двух резисторов по результатам измерений сопротивлений последовательного и параллельного соединений этих резисторов. Искомые значения сопротивлений находят из системы двух уравнений.

Абсолютные и относительные измерения

Абсолютные измерения – измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких величин и использовании значений физических констант, например измерения силы тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате.

Относительные измерения – измерения, отношения значения физической величины к одноименной величине или изменения значения величины по отношению к одноименной величине, принятой за исходную. Пример: измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 куб. м воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 куб.м воздуха при данной температуре.

Статические и динамические измерения

К статическим измерениям относят измерение, при котором средство измерения работает в статическом режиме, т.е. когда его выходной сигнал (например, отклонение указателя) остается неизменным в течение времени измерения. Пример: измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

К динамическим измерениям относят измерения, выполненные СИ в динамическом режиме, т.е. когда его показания зависят от динамических свойств. Динамические свойства СИ проявляются в том, что уровень переменного воздействия на него в какой-либо момент времени обуславливает выходной сигнал СИ в последующий момент времени. Пример: измерение давления и температуры при сжатии газа в цилиндре двигателя.

Классификация по точности измерений

Измерения максимально возможной точности, достигаемой при существующем уровне развития науки и техники, проводят при создании эталонов и измерениях физических констант. Характерными для таких измерений являются оценка погрешностей и анализ источников их возникновения.

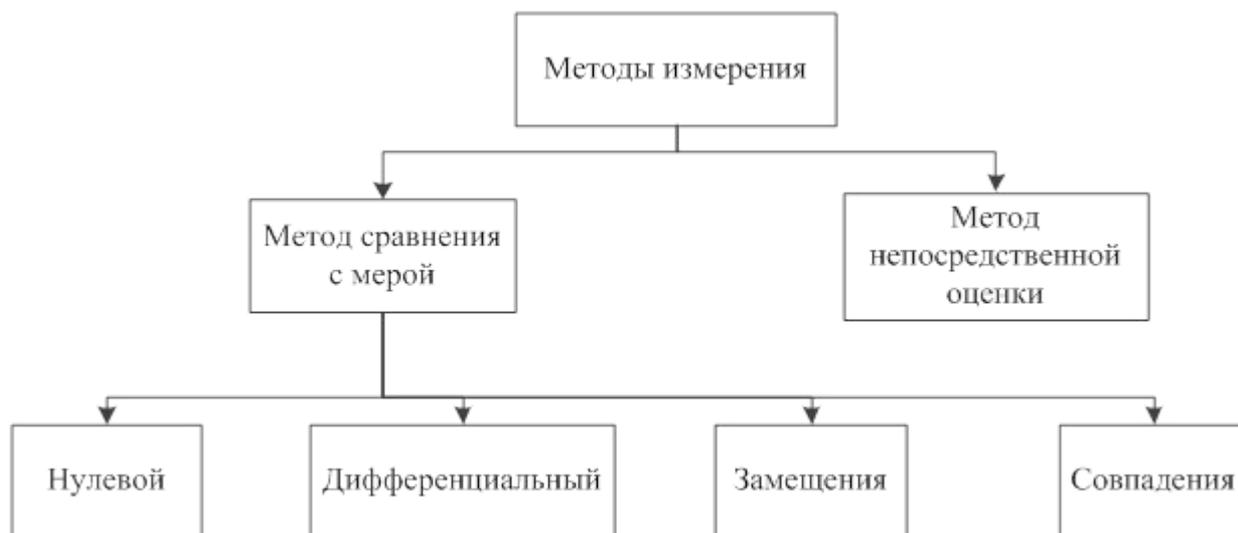
Технические измерения — это измерения, проводимые в заданных условиях по определенной методике, разработанной и исследованной заранее; как правило, к ним относят массовые измерения, проводимые во всех отраслях народного хозяйства, за исключением научных исследований. При технических измерениях погрешность оценивают по метрологическим характеристикам СИ с учетом применяемого метода измерения.

Контрольно-поверочные измерения — это измерения, выполняемые службами метрологического надзора с целью определения метрологических характеристик СИ. К таким измерениям относят измерения при метрологической аттестации СИ, экспертные измерения и др.

Понятие метода измерений

Взаимодействие СИ с объектом основано на физических явлениях, совокупность которых составляет принцип измерений. Совокупность приемов использования принципа и средств измерений называется методом измерения.

Все без исключения методы измерений основаны на сравнении измеряемой величины с величиной, воспроизводимой мерой (однозначной или многозначной). Классификация методов оценки выглядит следующим образом.



Метод непосредственной оценки

Метод непосредственной оценки характеризуется тем, что значения измеряемой величины отсчитывают непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. Шкала прибора заранее градуируется с помощью многозначной меры в единицах измеряемой величины. Так, измерение силы тока с помощью амперметра является примером прямого измерения методом непосредственной оценки.

Метод сравнения с мерой. Дифференциальный и нулевой метод

Методы сравнения с мерой предполагают сравнение измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой, при каждой процедуре измерения, т.е. отличительной чертой методов сравнения является непосредственное участие в процессе измерения меры известной величины, однородной с измеряемой. Наиболее распространены следующие методы сравнения: дифференциальный, нулевой, замещения, совпадения.

При нулевом методе измерения разность измеряемой величины и известной величины сводится в процессе измерения к нулю, что фиксируется высокочувствительным нуль-индикатором. При высокой точности мер, воспроизводящих известную величину, и высокой чувствительности нуль-индикатора может быть достигнута высокая точность измерения.

При дифференциальном методе по шкале измерительного прибора отсчитывают разность измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой. Неизвестную величину определяют по известной величине и измеренной разности. Таким образом, в отличие от нулевого метода при данном методе измеряемая величина уравнивается не полностью.

Метод сравнения с мерой. Метод замещения и метод совпадения

Метод замещения предусматривает поочередное подключение на вход индикатора измеряемой и известной величин, т.е. измерения проводят в два приема. Наименьшая погрешность измерения получается в том случае, когда в результате подбора известной величины индикатор дает такой же отсчет, что и при неизвестной величине. Примером использования этого метода является измерение рабочего затухания с использованием магазина затуханий.

Метод совпадения основан на измерении разности между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой. При измерении используют совпадения отметок шкал или периодических сигналов. Метод применяют, например, при измерении частоты и времени по эталонным сигналам.