

## Тема: Средства ,методы и погрешность измерений.

### Средства измерения

Для практического измерения единицы величины применяются технические средства, которые имеют нормированные погрешности и называются *средствами измерений*. К средствам измерений относятся: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и системы, измерительные принадлежности. **Мерой** называют средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера. На практике используют однозначные и многозначные меры, а также наборы и магазины мер. *Однозначные меры* воспроизводят величины только одного размера (гиря). *Многозначные меры* воспроизводят несколько размеров физической величины. Например, миллиметровая линейка дает возможность выразить длину предмета в сантиметрах и в миллиметрах. К однозначным мерам относят стандартные образцы и стандартные вещества. *Стандартный образец* — это должным образом оформленная проба вещества (материала), которая подвергается метрологической аттестации с целью установления количественного значения определенной характеристики. Эта характеристика (или свойство) является величиной с известным значением при установленных условиях внешней среды. К подобным образцам относятся, например, наборы минералов с конкретными значениями твердости (шкала Мооса) для определения этого параметра у различных минералов. Стандартным образцом является образец чистого цинка, который служит для воспроизведения температуры  $419,527^{\circ}\text{C}$  по международной температурной шкале МТШ-90.

При пользовании мерами следует учитывать номинальное и действительное значения мер, а также погрешность меры и ее разряд. *Номинальным* называют значение меры, указанное на ней. *Действительное значение* меры должно быть указано в специальном свидетельстве как результат высокоточного измерения с использованием официального эталона.

Разность между номинальным и действительным значениями называется *погрешностью меры*. Величина, противоположная по знаку погрешности, представляет собой поправку к указанному на мере номинальному значению. Поскольку при аттестации (поверке) также могут быть погрешности, меры подразделяют на разряды (1-го, 2-го и т.д. разрядов) и называют *разрядными эталонами* (образцовые измерительные средства), которые используют для поверки измерительных средств. Величина погрешности меры служит основой для деления мер на классы, что обычно применимо к мерам, употребляемым для технических измерений.

**Измерительный преобразователь**— это средство измерений, которое служит для преобразования сигнала измерительной информации в форму, удобную для обработки или хранения, а также передачи в показывающее устройство

**Измерительные приборы**— это средства измерений, которые позволяют получать измерительную информацию в форме, удобной для восприятия пользователем. Различаются измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения.

*Приборы прямого действия* отображают измеряемую величину на показывающем устройстве, имеющем соответствующую градуировку в единицах этой величины. Изменения рода физической величины при этом не происходит. К приборам прямого действия относят, например, амперметры, вольтметры, термометры и т.п.

*Приборы сравнения* предназначаются для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны. Такие приборы широко используются в научных целях, а также и на практике для измерения таких величин, как яркость источников излучения, давление сжатого воздуха и др.

*Измерительные установки и системы* — это совокупность средств измерений, объединенных по функциональному признаку со вспомогательными устройствами, для измерения одной или нескольких физических величин объекта измерений. Обычно такие системы автоматизированы и обеспечивают ввод информации в систему, автоматизацию самого процесса измерения, обработку и отображение результатов измерений для восприятия их пользователем.

*Измерительные принадлежности* — это вспомогательные средства измерений величин. Они необходимы для вычисления поправок к результатам измерений, если требуется высокая степень точности. Например, термометр может быть вспомогательным средством, если показания прибора достоверны при строго регламентированной температуре; психрометр — если строго оговаривается влажность окружающей среды.

По метрологическому назначению средства измерений делят на два вида,:

- *Рабочие средства* измерений применяют для определения параметров (характеристик) технических устройств, технологических процессов, окружающей среды и др. Рабочие средства могут быть лабораторными (для научных исследований), производственными (для обеспечения и контроля заданных характеристик технологических процессов), полевыми (для самолетов, автомобилей, судов и т.п.). Каждый из этих видов рабочих средств отличается особыми показателями. Так, лабораторные средства измерений — самые точные и чувствительные, а их показания характеризуются высокой стабильностью.

Производственные обладают устойчивостью к воздействиям различных факторов производственного процесса: температуры, влажности,

вибрации и т.п., что может сказаться на достоверности и точности показаний приборов.

· Особым средством измерений является *эталон*.

## Методы измерений

При методе непосредственной оценки численное значение измеряемой величины определяют непосредственно по показанию измерительного прибора (например, измерение напряжения с помощью вольтметра). Быстрота процесса измерения методом непосредственной оценки делает его часто незаменимым для практического использования, хотя точность измерения обычно ограничена.

Метод сравнения — метод измерений, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Это может быть, например, измерение уровня напряжения постоянного тока путем сравнения с ЭДС нормального (эталонного) элемента.

Различают следующие разновидности метода сравнения:

- 1) Нулевой метод, при котором действие измеряемой величины полностью уравновешивается образцовой.
- 2) Дифференциальный метод, когда измеряется разница между измеряемой величиной и близкой ей по значению известной эталонной (например, измерение электрического сопротивления методом неуравновешенного моста).
- 3) Метод замещения, при котором действие измеряемой величины замещается (например, с помощью последовательно проводимых во времени действий) образцовой.

Из всех перечисленных методов нулевой метод обеспечивает наибольшую точность измерений физической величины.

По способу преобразования измеряемой величины и форме представления результата измерения делятся на *аналоговые (непрерывные)* и *цифровые (дискретные)*.

При *аналоговых измерениях* измерительный прибор производит непрерывное преобразование измеряемой величины, результатом которого является перемещение указателя относительно шкалы. Заключение о численном значении величины делает оператор, отмечая положение указателя относительно отметок шкалы измерительного прибора. Точность такого измерения ограничивается геометрическими особенностями указателя и шкалы и часто не превышает 0,05 %.

При *цифровых измерениях* сравнение физической величины с рядом образцовых значений производится в измерительном приборе автоматически, оператор же получает численное значение измеренной величины в цифровой форме. Естественно, что здесь все зависит от точности сравнения в измерительном приборе и, к тому же, исключаются субъективные ошибки оператора. Современные цифровые приборы, как правило, обеспечивают более высокую точность, чем аналоговые.

По характеру изменения измеряемой величины во времени различают *статический* и *динамический* режимы измерений.

*Статический режим измерений* — это режим измерений, при котором средство измерений работает в статическом режиме, т. е. когда выходной сигнал остается неизменным в течение времени его использования.

*Динамический режим измерений* — это режим измерений, результатом которого является функциональная зависимость измеряемой величины от времени, т.е. когда выходной сигнал средства изменяется во времени, в соответствии с изменением по времени измеряемой величины.

## Погрешность измерения

Качество измерений характеризуется: *точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений.*

**Точность измерительного прибора** это - метрологическая характеристика прибора, определяемая *погрешностью измерения*, в пределах которой можно обеспечить использование данного измерительного прибора.

**Правильность измерений** - это качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в результатах измерений.

**Сходимость** - это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений одного и того же параметра, выполненных повторно одними и теми же средствами одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

**Воспроизводимость** - это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах, различными методами и средствами).

**Достоверность измерений** характеризует степень доверия к результатам измерений. Достоверность оценки погрешностей определяют на основе законов теории вероятностей и математической статистики.

В метрологии используется понятие "*класс точности*" прибора или меры. Класс точности средства измерений (ГОСТ 8.401-80) является обобщенной характеристикой средства намерений, определяемой

пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерения.

Класс точности характеризует свойства средства измерения, но не является показателем точности выполненных измерений, поскольку при определении погрешности измерения необходимо учитывать погрешности метода, настройки и др.

В зависимости от точности приборы разделяются на *классы*: первый, второй и т.д. Допускаемые погрешности для разных типов приборов регламентируются государственными стандартами. Точность - это качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. *Количественная оценка точности* - обратная величина модуля относительной погрешности.

Точность измерения зависит от погрешностей возникающих в процессе их проведения.

**Погрешность метода** обуславливается несовершенством метода и приемов использования средств измерений.

**Инструментальная погрешность** обуславливается погрешностью примененных средств измерений. Например, погрешность из-за неточной градуировки измерительного прибора.

**Субъективная погрешность** обуславливается несовершенством органов чувств оператора. **Основная погрешность** - погрешность, возникающая в нормальных условиях применения средства измерения (температура, влажность, напряжение питания и др.), которые нормируются и указываются в стандартах или технических условиях.

**Дополнительная погрешность** обуславливается отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормального значения. Например, изменение температуры окружающей среды, изменение влажности, колебания напряжения питающей сети. Значение дополнительной погрешности нормируется и указывается в технической документации на средства измерения.

**Систематическая погрешность** - постоянная или закономерно изменяющаяся погрешность при повторных измерениях одной и той же величины в одинаковых условиях измерения. Например, погрешность, возникающая при измерении сопротивления ампервольтметром, обусловленная разрядом батареи питания.

**Случайная погрешность** - погрешность измерения, характер изменения которой при повторных измерениях одной и той же величины в одинаковых условиях случайный. Например, погрешность отсчета при нескольких повторных измерениях.

**Грубая погрешность (промах)** - погрешность измерения, которая существенно превышает ожидаемую в данных измерениях.

**Статическая погрешность** - погрешность при измерении постоянной по времени величины. Например, погрешность измерения неизменного за время измерения напряжения постоянного тока.

**Динамическая погрешность** - погрешность измерения изменяющейся во времени величины. Например, погрешность измерения коммутируемого напряжения постоянного тока, обусловленная переходными процессами при коммутации, а также ограниченным быстродействием измерительного прибора.

**Абсолютная погрешность** измерения - разность между результатом измерения  $X$  и истинным значением  $X_0$  измеряемой величины:

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины.

**Относительная погрешность** измерения - отношение абсолютной

погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины  $X_0$ :

Относительная погрешность - безразмерная величина. Поскольку истинное значение измеряемой величины  $X_0$  неизвестно, то практически используют **действительное значение** измеряемой величины  $X_d$ , и тогда погрешность определяется как разность между измеренным  $X$  и действительным значением  $X_d$ :

Действительное значение находят экспериментально, путем применения более точных методов и средств измерений. Обычно за действительное значение принимают показания образцовых средств измерения.

Значение относительной погрешности на практике определяется как отношение абсолютной погрешности к действительному значению:

**Приведенная погрешность** измерения - это отношение абсолютной

погрешности к нормирующему значению  $X_n$ :

**Нормирующее значение  $X_n$** - это установленное значение ширины диапазона или определенное значение, к которому относится выражение значения характеристики.