

1.2.2 Средства измерений. Погрешности измерений

Классификация измерений. Погрешности измерения

Общая классификация измерений:

- по общим приемам получения результатов измерений: прямые, косвенные, совместные, совокупные;
- по числу измерений в серии: однократные, многократные;
- по метрологическому назначению: технические, метрологические;
- по характеристике точности: равноточные, неравноточные;
- по отношению к изменению измеряемой величины: статические динамические;
- по выражению результата измерений: абсолютные, относительные.

Классификация измерений в зависимости от применяемых средств:

- 1) Органолептические измерения – измерения, основанные на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса);
- 2) Эвристические измерения – измерения, основанные на интуиции.
- 3) Инструментальные измерения – измерения, выполняемые с помощью специальных технических средств. Среди них могут быть автоматизированные и автоматические.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к измерениям, в том числе и технологическим, являются единство и точность измерений.

Единство измерений – такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью. Единство измерений обеспечивает взаимозаменяемость изделий, например, деталей, изготавливаемых по одному чертежу на разных предприятиях.

Точность измерений – качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Чем меньше разность между измеренным и истинным значением, тем выше точность. Количественно точность может быть выражена обратной величиной модуля относительной погрешности. К основным характеристикам качества измерений относятся *точность, правильность, сходимост и воспроизводимость*.

Точность измерений – качество измерений, отражающее близость результатов к истинному значению измеряемой величины.

Правильность измерений – качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах.

Сходимость измерений – качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях.

Воспроизводимость измерений – качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в разное время, в различных местах, разными методами и средствами).

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Погрешности измерений можно разделить по следующим признакам:

- способу выражения – абсолютные и относительные;
- характеру проявления – систематические, случайные, промахи;
- условиям изменения измеряемой величины – статические и динамические;
- способу обработки измерений – средние арифметические и средние квадратические;
- полноте охвата измерительной задачи – частные и полные;
- отношению к единице физической величины;
- погрешность воспроизведения единицы, хранения единицы, передачи размера единицы физической величины. Погрешность измерений представляет собой сумму целого ряда составляющих, каждая из которых имеет свою причину.

Абсолютная погрешность – это погрешность, выраженная в тех же единицах, что и измеряемая величина. Абсолютную погрешность Δ можно рассчитать по формуле:

$$\Delta = X - X_{\text{ист}} = X - X_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где X – результат измерения; $X_{\text{ист}}$ – истинное значение измеряемой величины. В том случае, когда не известно $X_{\text{ист}}$, используют $X_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое нескольких измерений.

Относительная погрешность σ представляет собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины и выражается в процентах или долях измеряемой величины

$$\sigma = \frac{X - X_{\text{ист}}}{X_{\text{ист}}} = \frac{\Delta}{X_{\text{ист}}} \quad (2)$$

или

$$\sigma = \frac{X - X_{\text{ист}}}{X_{\text{ист}}} \cdot 100 = \frac{X - X_{\text{ср}}}{X_{\text{ср}}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Систематическая погрешность – это составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или же закономерно

изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

Случайная погрешность – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом в серии повторных измерений одного и того же размера физической величины. Такая погрешность может быть вызвана, например, неправильным функционированием механических или электрических элементов измерительного устройства.

Классификация погрешностей измерений приведена на рисунке 1.

Промех (грубая погрешность) – случайная погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. Измерение, где допущен промах, во внимание не принимают. Грубые погрешности, как правило, допускаются самим исполнителем, который из-за неопытности или усталости неправильно считывает показания прибора или ошибается при обработке информации. Их причиной могут стать и неисправность средств измерений, и резкое изменение условий измерения.

Статическая погрешность – погрешность результата измерений, свойственная условиям статического измерения.

Динамическая погрешность – погрешность результата измерений, свойственная условиям динамического измерения.

Полностью исключить погрешности практически невозможно, а вот установить пределы возможных погрешностей измерения и, следовательно, точность их выполнения необходимо.



Рисунок 4 – Классификация погрешностей измерений

Приведенная погрешность измерения (y) представляет собой отношение абсолютной погрешности Δ к нормированному значению величины, например, ее максимальному значению X_{\max} , т. е.

$$y = \frac{\pm \Delta}{X_N} \cdot 100, \quad (4)$$

где X_N – нормированное значение величины, $X_N = X_{\max}$.

В отличие от относительной и приведенной, абсолютная погрешность всегда имеет ту же размерность, что и измеряемая величина.

Классы точности средств измерений

В зависимости от уровня метрологических характеристик отдельным видам средств измерений присваивают классы точности.

Класс точности средств измерений – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. (Предел допускаемой погрешности средства измерений - наибольшее значение погрешности средств измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.)

Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность средств измерений одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Это важно при выборе средств измерений в зависимости от заданной точности измерений.

Метрологические характеристики испытываемых средств измерений могут быть выражены в формах абсолютной погрешности, относительной погрешности или приведенной погрешности, которые описаны выше.

Обозначение классов точности. В технической документации для обозначения классов точности средств измерений используют прописные буквы латинского алфавита, римские и арабские цифры. Классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей средств измерений, присваивают буквенные обозначения, находящиеся ближе к началу алфавита, или римские цифры, означающие меньшие числа.

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности принято выражать в форме абсолютных погрешностей или относительных погрешностей, причем последние установлены в виде графика, таблицы или формулы, классы точности обозначают прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. В необходимых случаях к обозначению класса точности буквами латинского алфавита добавляют индексы в виде арабской цифры.

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности или относительной погрешности, классы точности обозначают числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах.

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительных погрешностей, классы точности обозначают числами s и d , разделяя их косой чертой.

Обозначения классов точности наносят на щитки, циферблаты и корпуса средств измерений с добавлением, в некоторых случаях, специальных знаков.

Рядом с условным обозначением класса точности указывают обозначение стандарта или технических условий, устанавливающих технические требования к этим средствам измерения. Здесь же могут быть приведены обозначения условий эксплуатации средств измерений, если для них установлены различные рабочие области влияющих величин.

Средству измерений с двумя и более диапазонами измерений одной и той же величины (например, омметр), может быть присвоено два и более классов точности.