

2020-11-18 514.31. Метрология. Тема 11. Понятие и виды измерений. Классификация и характеристика средств измерений. Метрологические свойства и метрологические характеристики средств измерений. Эталоны и их классификация.

Классификация средств измерений

Средство измерений. Понятие.

- техническое средство, предназначенное для измерений (определение по 102-ФЗ от 26.06.2008г.);
- техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени (определение по РМГ 29-99).

Классификация средств измерений

По техническому назначению:

- мера физической величины – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью;
- измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне;
- измерительный преобразователь – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи;
- измерительная установка (измерительная машина) – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте;
- измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях;
- измерительно-вычислительный комплекс – функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.

По степени автоматизации:

- автоматические;
- автоматизированные;
- ручные.

По стандартизации средств измерений:

- стандартизированные;
- нестандартизированные.

По положению в поверочной схеме:

- эталоны;
- рабочие средства измерений.

По значимости измеряемой физической величины:

- основные средства измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей;
 - вспомогательные средства измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.
-
- Метрологические характеристики средств измерений
 - **Качество измерений зависит от многих факторов. В некоторых случаях, однако, требуется знать, какое влияние на результаты измерений и их точность оказывают именно средства измерений. К таким случаям относятся:**
 - **- априорная оценка точности измерений.** При ее выполнении наряду с другими факторами должна учитываться точность средств измерений;
 - **- выбор средств измерений,** применение которых в известных условиях обеспечит требуемую точность измерений. Эта задача является обратной по отношению к предыдущей;
 - **- сравнение различных типов средств измерений** по их метрологическим свойствам как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации;
 - **- использование средств измерений в качестве комплектующих** при разработке сложных измерительных систем. Одни и те же требования к измерительной системе могут удовлетворяться при различных сочетаниях средств измерений, используемых в качестве комплектующих. Оптимальное сочетание должно быть результатом технико-экономического обоснования;
 - **- определение точности информационных систем расчетным путем,** когда экспериментальное решение этой задачи связано с большими трудностями или вообще невозможно из-за специфики условий работы. Эта же задача возникает при проектировании информационных систем.
 -
- Характеристики свойств средств измерений, оказывающие влияние на результаты измерений и их точность, называются метрологическими характеристиками средств измерений.**

Они бывают двух видов:

1. Метрологические характеристики, в которых используется информация о размере единицы измерения. К этому виду относятся следующие группы метрологических характеристик:

1.1. Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (до внесения поправок): функция преобразования измерительного преобразователя, а также измерительного прибора с неименованной шкалой или со шкалой, отградуированной в единицах, отличных от единиц входной величины; значение однозначной или значения многозначной меры; цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры; цена единицы наименьшего разряда кода средств измерений, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде.

1.2. Характеристики качества показаний — точности и правильности. Точность показания определяется его средним квадратическим отклонением или его аналогом. Правильность обеспечивается внесением поправки, устанавливаемой при испытаниях средства измерений в целях утверждения типа. Эта поправка является одной из составляющих суммарной поправки, которая вносится в показание средства измерений.

1.3. Динамические характеристики средств измерений (полные и частные), учитывающие их инерционные свойства в особых условиях, когда измеряемая величина меняется во времени.

2. Метрологические характеристики, в которых не используется информация о размере единицы измерения. К этому виду относятся следующие группы метрологических характеристик:

2.1. Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (до внесения поправок). К ним относятся: вид выходного кода, число разрядов кода, если средство измерений предназначено для выдачи результатов в цифровом коде.

2.2. Характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам. К ним относятся функции пlying и учета изменений метрологических характеристик средств измерений, вызванных изменениями влияющих величин в установленных пределах.

2.3. Характеристики взаимодействия с объектами или устройствами на входе и выходе средств измерений. Примерами характеристик этой группы являются входной и выходной импедансы линейного измерительного преобразователя.

2.4. Неинформативные параметры выходного сигнала, обеспечивающие нормальную работу устройств, подключенных к средству измерений. Например, выходным сигналом преобразователя напряжения в среднюю частоту следования импульсов является последовательность импульсов. Для определения значения измеряемого напряжения к выходу преобразователя подключается частотомер. Он будет нормально работать только в случае, если амплитуда и форма импульсов преобразователя, хотя они и не несут информации о значении измеряемого напряжения, удовлетворяют определенным требованиям. В противном случае частотомер будет измерять частоту следования этих импульсов неточно либо вообще не будет работать.

Метрологические характеристики являются показателями качества и технического уровня всех без исключения средств измерений. Они относятся к априорной информации, используемой:

- для определения результатов измерений и расчетной оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности или неопределенности измерений;
- для расчета метрологических характеристик каналов измерительных систем, состоящих из средств измерений с нормированными метрологическими характеристиками;
- для оптимального выбора средств измерений.

Сведения о них, полученные при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа, содержатся в нормативно-технических документах на средства измерений. В этих же документах приводятся требования (нормы), которым должны удовлетворять метрологические характеристики всех серийно выпускаемых средств измерений данного типа. Соответствие этим требованиям метрологических характеристик каждого отдельного экземпляра средств измерений должно проверяться.

Проверка соответствия метрологических характеристик нормам и установление на этой основе пригодности средств измерений к применению производится при их поверке.

Эталон — средство измерения (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и/или хранение единицы физической величины с наивысшей точностью для данного уровня развития измерительной техники с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений. Классификация, назначение и общие требования к созданию, хранению и применению эталонов устанавливаются соответствующими стандартами. Для ряда единиц эталоны не создаются из-за того, что нет возможности непосредственно сравнивать соответствующие физические величины, например, нет эталона площади. Не создаются эталоны и в том случае, когда единица

физической величины воспроизводится с достаточной точностью на основе сравнительно простых средств измерений других физических величин.

Конструкция эталона, его физические свойства и способ воспроизведения единицы определяются физической величиной, единица которой воспроизводится, и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений. Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя взаимосвязанными свойствами: неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

Неизменность — свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы физической величины в течение длительного интервала времени. При этом все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. Реализация этих требований привела к созданию «естественных» эталонов различных величин, основанных на физических постоянных.

Воспроизводимость — возможность воспроизведения единицы физической величины с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники.

Сличаемость — возможность сличения с эталоном других средств измерений, нижестоящих по поверочной схеме, в первую очередь вторичных эталонов, с наивысшей точностью для существующего уровня развития техники измерения.

Эталоны классифицируют в зависимости от метрологического назначения. Это назначение предполагает оснащение метрологической службы первичными, специальными, государственными, национальными, международными и вторичными эталонами и представлено на рисунке 1.21.

Первичный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране точностью.

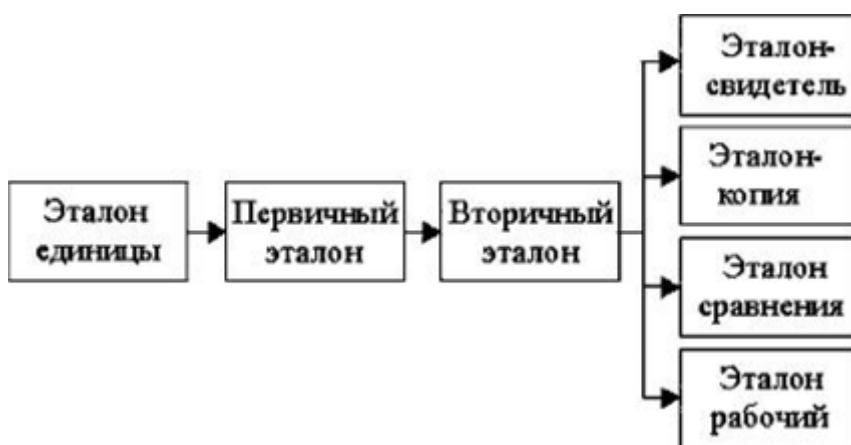


Рис. 1.21

Схема классификации эталонов

Первичные эталоны — это уникальные средства измерений, часто представляющие собой сложнейшие измерительные комплексы. Они составляют основу государственной системы обеспечения единства измерений.

Первичный эталон может быть специальным, государственным, национальным и международным.

Специальный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий для этих условий первичный эталон. Он служит для воспроизведения единицы в условиях, когда первичный эталон нельзя использовать, и прямая передача размера единицы от первичного эталона с требуемой точностью технически неосуществима (например, на высоких и сверхвысоких частотах, в начале и конце участков диапазонов измерений и т. д.).

Первичные и специальные эталоны являются исходными для страны, их утверждают в качестве государственных.

Государственный эталон — это первичный (или специальный) эталон, признанный решением уполномоченного Государственного органа в качестве исходного на территории государства. Государственные эталоны создают, хранят и применяют центральные метрологические научные институты страны, а утверждает Госстандарт. Точность воспроизведения единицы должна соответствовать уровню лучших мировых достижений и удовлетворять потребностям науки и техники. В состав государственных эталонов включают средства измерений, с помощью которых воспроизводят и/или хранят единицу физической величины, контролируют условия измерений и неизменность воспроизводимого или хранимого размера единицы физической величины, осуществляют его передачу.

Погрешности государственных первичных и специальных эталонов характеризуются неисключенной систематической погрешностью (НСП), случайной погрешностью и нестабильностью.

Неисключенная систематическая погрешность описывается границами, в которых она находится; случайная погрешность определяется средним квадратическим отклонением результата измерений при воспроизведении единицы с указанием числа независимых измерений.

Нестабильность эталона задается изменением размера единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, за определенный промежуток времени.

Национальный эталон — эталон, признанный официальным решением в качестве исходного для страны.

Международный эталон — эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Вторичный эталон — эталон, значение которого устанавливают по первичному эталону.

Вторичные эталоны являются частью подчиненных средств хранения единиц и передачи их размеров, создаются и утверждают в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего

износа государственного эталона. По метрологическому назначению вторичные эталоны делятся на эталоны-свидетели, эталоны-копии, эталоны сравнения и рабочие эталоны.

Эталон-свидетель служит для проверки сохранности и неизменности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты. В настоящее время только эталон килограмма имеет эталон-свидетель.

Эталон-копия предназначен для передачи размера единицы рабочим эталонам. Он создается в случае необходимости проведения большого числа поверочных работ с целью предохранения первичного или специального эталона от преждевременного износа.

Эталон-копия представляют собой копию государственного эталона только по метрологическому назначению, поэтому он не всегда является его физической копией.

Эталон сравнения применяется для взаимного сличения эталонов, которые по тем или иным причинам нельзя непосредственно сравнивать друг с другом (например, международные сличения эталонов).

Рабочие эталоны предназначены для поверки образцовых и наиболее точных рабочих средств измерений.

Рабочие эталоны применяются во многих территориальных метрологических центрах.

Оценки погрешностей вторичных эталонов характеризуют отклонением размеров хранимых ими единиц от размера единицы, воспроизводимой первичным эталоном.

Передача размеров единиц физических величин от эталонов рабочим мерам и измерительным приборам осуществляется с помощью рабочих эталонов (до недавнего времени в Российской Федерации вместо термина «рабочие эталоны» использовалось понятие «образцовые средства измерений», которое в других странах не применяют).

Рабочие эталоны при необходимости подразделяются на 1-й, 2-й и т. д. разряды, определяющие порядок их соподчинения в соответствии с поверочной схемой.

Различным видам измерений устанавливают, исходя из требований практики, различное число разрядов рабочих эталонов, определяемых стандартами на поверочные схемы для данного вида измерений.