

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация»

Лекция № 10

Лектор:

Забиров Фердинанд Шайхиевич,
профессор

2016/2017 учебный год

Тема лекции: Средства измерений

Изучаемые вопросы:

- 1 Виды средств измерений.
- 2 Метрологические характеристики средств измерений.
- 3 Классы точности средств измерений.

Виды средств измерений

- **Средство измерения (СИ)** - это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.
 - **Метрологические характеристики (МХ)** – это такие характеристики **СИ**, которые позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью.
 - В отличие от **СИ** приборы или вещества, не имеющие нормированных МХ, называют **индикаторами**.
 - **СИ** - это техническая основа метрологического обеспечения.
-

Классификация средств измерений (СИ)

- Различные виды средств измерений классифицируют по следующим 16 признакам:
 - 1) **по степени универсальности** (специализированные, универсальные);
 - 2) **по виду оценки параметров** (допусковые или пороговые, измерительные, комбинированные);
 - 3) **по назначению** (диагностические, прогнозирующие, контрольные, испытательные);
 - 4) **по измеряемым величинам** (механические, гидравлические, пневматические, акустические, электрические, прочие и комбинированные);
 - 5) **по РМГ 29-99** (измерительные системы, измерительные установки, измерительные приборы, измерительные преобразователи);
 - 6) **по связи с объектом** (контактные, бесконтактные, внешние, встроенные);
 - 7) **по режиму работы** (динамические, статические);
-

Классификация средств измерений (СИ)

- 8) **по характеру использования** (лабораторные, технические);
- 9) **по виду регистрации сигнала** (показывающие, регистрирующие, самописцы, печатающие);
- 10) **по виду выходного сигнала** (аналоговые, цифровые, аналогово-цифровые);
- 11) **по степени автоматизации** (неавтоматизированные, автоматизированные, автоматические);
- 12) **по виду преобразования сигналов** (прямого действия, сравнения, интегрирующие или суммирующие);
- 13) **по виду измерительного преобразователя** (первичные, промежуточные, передающие, масштабные);

Классификация средств измерений (СИ)

14) **по виду приема-передачи информации** (одноканальные, или однопредельные, многоканальные или многопредельные);

15) **по виду шкалы** (с равномерной шкалой, с неравномерной шкалой, с нулевой отметкой внутри шкалы, с нулевой отметкой на краю или вне шкалы).

Классификация средств измерений (СИ)

- **Меры** – это средства измерений, воспроизводящие или хранящие физическую величину заданного размера.
 - Меры могут быть **однозначными**, воспроизводящими одно значение физической величины (гиря, калибр на заданный размер, образцы твердости и шероховатости, катушка сопротивления, нормальный элемент, воспроизводящий значение ЭДС), и **многозначными** – для воспроизведения плавно или дискретно ряда значений одной и той же физической величины (измерительный конденсатор переменной емкости, набор конечных мер, магазин емкостей, индуктивности или сопротивления, измерительные линейки).
 - В зависимости от служебного назначения все меры и другие средства измерений подразделяют на **образцовые** и **рабочие**.
-

Классификация средств измерений (СИ)

- **Образцовые средства измерений** предназначены для воспроизведения и хранения единиц измерений, поверки и градуировки мер и других средств измерений.
 - **Образцовые средства измерений**, служащие для воспроизведения и хранения единиц измерений с наивысшей достижимой на современном уровне техники метрологической точностью, называют **эталонами**.
 - Все остальные средства измерений называют **рабочими**.
 - **Измерительные преобразователи** – средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего воспроизведения, обработки и хранения, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.
-

Классификация средств измерений (СИ)

- Примеры измерительных преобразователей: термопары, измерительные преобразователи и усилители, преобразователи давления.
 - **Измерительный прибор** – средство измерения, предназначенное для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы.
 - **Измерительная установка** – совокупность функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. Например, поверочные установки, установки для механических испытаний конструкционных материалов.
 - **Измерительная система** – это комплекс средств измерений и вспомогательных устройств с компонентами связи (проводные, телевизионные и др.) для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматизированных системах управления.
-

Метрологические характеристики средств измерений

- **Диапазон измерений** – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности средств измерений (для преобразователей – диапазон преобразования).
- **Предел измерения** – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения. Для мер – это номинальное значение воспроизводимой величины.
- **Цена деления шкалы** – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Приборы с равномерной шкалой имеют постоянную цену деления, а с неравномерной – переменную. В этом случае нормируется минимальная цена деления.
- **Чувствительность** – отношение изменение сигнала Δy на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению Δx сигнала на входе:

$$S = \Delta y / \Delta x .$$

Метрологические характеристики средств измерений

- **Вариация (гистерезис)** – разность между показаниями средств измерений в данной точке диапазона измерений при возрастании или убывании измерений величины и неизменных внешних условиях:

$$H = |x_v - x_u|,$$

где x_v , x_u - значения измерений образцовыми средствами измерений при возрастании и убывании величины x .

- **Погрешность средств измерений** – основная метрологическая характеристика средства измерения, представляющая собой разность между показаниями средства измерения и истинными (действительными) значениями физической величины.
 - **Основная погрешность** – это погрешность средства измерения при нормальных условиях эксплуатации.
-

Метрологические характеристики средств измерений

Как правило, нормальными условиями эксплуатации являются:

- температура (293 ± 5) К или (20 ± 5) °С;
 - относительная влажность воздуха 65 ± 15 % при 20 °С;
 - напряжение в сети питания $220 \text{ В} \pm 10$ % с частотой $50 \text{ Гц} \pm 1$ %;
 - атмосферное давление от 97,4 до 104 кПа;
 - отсутствие электрических и магнитных полей (наводок).
-

Метрологические характеристики средств измерений

- Существует три способа нормирования **основной погрешности** средств измерений:
- а) нормирование пределов допускаемой абсолютной ($\pm\Delta$) или приведенной ($\pm\gamma$) погрешностей, постоянных во всем диапазоне измерения;
 - б) нормирование пределов допускаемой абсолютной ($\pm\Delta$) или относительной ($\pm\delta$) в функции измеряемой величины;
 - в) нормирование постоянных пределов допускаемой основной погрешности, различных для всего диапазона измерений одного или нескольких участков.
-

Классы точности средств измерений

- **Класс точности средств измерений** – обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений.
- Пределы допускаемой абсолютной погрешности устанавливают по формулам:

$$\Delta = \pm a = p \quad (1)$$

или
$$\Delta = \pm (a + bx), \quad (2)$$

где Δ – пределы допускаемой абсолютной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

Классы точности средств измерений

x – значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

a и b – положительные числа, не зависящие от x .

В обоснованных случаях пределы допускаемой абсолютной погрешности устанавливают по более сложным формулам, в виде графика или таблицы.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности определяются по формуле:

$$\gamma = \Delta/x_N = \pm p, (3)$$

где γ – предел допускаемой приведенной основной погрешности, %;

Δ – пределы допускаемой абсолютной погрешности, устанавливаемые по формуле (2);

x_N – нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и Δ ;

Классы точности средств измерений

p - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда: $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $1,6 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $3 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$ (где $n = 1; 0; -1; -2$ и т.д.).

- Например, для частотомеров с диапазоном измерений 45 – 55 Гц и номинальной частотой 50 Гц нормирующее значение $x_N = 50$ Гц.
- Пределы допускаемой относительной погрешности определяют по формуле:

$$\delta = \Delta/x = \pm q, \quad (3)$$

если Δ принята по формуле (1) или по формуле (2);


$$\delta = \Delta/x = [c + d (|(x_K/x - 1)|)], \quad (4)$$

где q – отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда, аналогично ряду для p ;

x_K – больший по модулю из пределов измерений;
 $c \stackrel{K}{=} b + d$; $d = a/|x_K|$.

Классы точности средств измерений

- Обозначения классов точности могут иметь форму заглавных букв латинского алфавита (например, М, С), римских цифр I, II, III и др. с добавлением условных знаков, а также арабскими цифрами из ряда предпочтительных чисел с применением (или без применения) дополнительных знаков.
- Классы точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, обозначаются буквами, расположенными ближе к началу алфавита, или цифрами, отражающими меньшие числа.
- Так, например, обозначение в нижней части прибора знака

0,5 

означает, что предел приведенной основной погрешности не превышает 0,5 % от соответствующего диапазона измерений.

Классы точности средств измерений

- Заключение чисел в окружность, например,

0,4

и т.д., означает, что предел допускаемой основной относительной погрешности (δ) прибора не превышает 0,4 % того значения, которое показывает указатель (стрелка) прибора, то есть $\delta = \pm 0,4 \%$.

- В некоторых случаях обозначение класса точности дается в виде дроби, например, 0,02/0,01. Это означает, что измеряемая величина не может отличаться от значения x , показанного указателем, больше, чем определенного по формуле (4), где x_k – больший по модулю из пределов измерений.
-

Классы точности средств измерений

- Классы точности средств измерений, пределы допускаемых погрешностей которых выражаются в процентах нормирующего значения, определенного в единицах измеряемой величины, обозначаются числами, совпадающими со значением предела допускаемой основной приведенной погрешности (γ). Например, число 1,5, приведенное в нижней части вольтметра, максимальное значение шкалы которого равно 100 В, обозначает, что предел допускаемой основной приведенной погрешности вольтметра в процентах значения максимального значения его шкалы составляет (1,5 %), то есть

$$\gamma = \pm (0,015 \cdot 100) \% \text{ или } \pm 1,5 \text{ В.}$$
