

Лекция 3 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ПОГРЕШНОСТИ

3.1 Виды средств измерений

Средство измерения (СИ) — это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и/или хранящее единицу физической величины (ФВ), размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Метрологические характеристики (МХ) - такие характеристики СИ, которые позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью.



Меры — это СИ, воспроизводящие или хранящие физическую величину заданного размера.



Измерительный прибор — СИ,

предназначенное для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы.



Измерительная установка — совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте.

Например, поверочные установки, установки для испытания электротехнических, магнитных и других материалов. Измерительная установка позволяет предусмотреть определенный метод измерения и заранее оценить погрешность измерения.

Измерительная система — это комплекс СИ и вспомогательных устройств с компонентами связи (проводные, телевизионные и др.), предназначенный для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и/или использования в автоматических системах управления.

В отличие от измерительных установок, предусматривающих изменения режима и условий функционирования, измерительная система не воздействует на режимы работы, а предназначена только для сбора и/или хранения информации.

Измерительные преобразователи (датчики)

предназначены для преобразования измерительной информации в форму, удобную для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения (термопары, измерительные трансформаторы и усилители, преобразователи давления).

По месту,
занимаемому в
измерительной
цепи,
измерительные
приборы делятся
на :

Первичные

Промежуточные

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

По характеру
измеряемых
физических величин

СИ
электрических,
механических,
радиофизических
величин и т.д.

По типу
регистрирующего
устройства

Аналоговые,
цифровые
средства
измерений

По метрологическим
характеристикам

- рабочие;
- образцовые;
- эталоны

К рабочим относятся средства измерений, не предназначенные для воспроизведения и хранения единиц физических величин с целью передачи их размеров другим средствам измерений.

К образцовым средствам измерений относятся меры, измерительные приборы (системы) или измерительные преобразователи, применяемые для передачи размеров единиц другим средствам измерений.

Эталоны представляют собой средства измерений (обычно комплекс средств измерений), предназначенные для воспроизведения и (или) хранения единицы физической величины с целью передачи ее размера образцовым средствам измерений высшей точности. Эталон должен быть официально утвержден.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Метрологические

Эксплуатационные

Информационные

И ДР.

3.2 Структурные элементы СИ

Принцип действия СИ – физический принцип, положенный в основу построения СИ данного типа.

Измерительный механизм – часть конструкции СИ, состоящая из элементов, взаимодействия которых вызывают их взаимное перемещение.

Числовая отметка шкалы – число, соответствующее некоторому значению измеряемой величины.

Преобразовательный элемент СИ – элемент СИ, в котором происходит одно из ряда преобразований измеряемой величины.

Отсчетное устройство – часть конструкции СИ, предназначенное для отсчитывания значений измеряемой величины.

Деление шкалы – промежуток между двумя отметками шкалы.

Измерительная цепь СИ – совокупность преобразовательных элементов СИ, обеспечивающая осуществлением всех преобразований сигнала измерительной информации.

Шкала СИ – часть отсчетного устройства, представляющее собой совокупность отметок.

Длина деления шкалы – расстояние между осями двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, которая проходит через середину самых коротких отметок шкалы.

Неравномерная шкала – шкала с делениями непостоянной длины, а в некоторых случаях и с непостоянной ценой деления.

Чувствительный элемент СИ – часть первого в измерительной цепи преобразовательного элемента, находящегося под воздействие измеряемой величины.

Отметка шкалы – знак на шкале, соответствующий некоторому значению измеряемой величины. Он может быть в виде черты, точки, зубца.

Равномерная шкала – шкала с делениями постоянной длины и с постоянной ценой деления.

Указатель – часть отсчетного устройства, положение которой относительно отметок шкалы определяет показание СИ.

3.3 Погрешности СИ

Абсолютная погрешность СИ – разность между показателем прибором и действительным значением измеряемой величины. В качестве действительного значения измеряемой величины принимают показания эталонного средства измерения:

$$\Delta X = X_n - X_{\text{эт}}$$

где X_n – показание поверяемого средства измерения; $X_{\text{эт}}$ – показание эталонного средства измерения (действительное значение измеряемой величины).

Относительная погрешность СИ определяется как отношение абсолютной погрешности СИ к действительному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{\text{эт}}} \cdot 100\%$$

где ΔX – абсолютная погрешность СИ; $X_{\text{эт}}$ – показание эталонного средства измерения.

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой физической величины и может быть задана:

- либо одним числом (линия 1 на рис. 1): $\Delta = \pm a$;
- либо в виде линейной зависимости (линии 2 и 3): $\Delta = \pm bx$; $\Delta = \pm(a + bx)$;
- в виде функции $\Delta = f(x)$ или графика, таблицы.

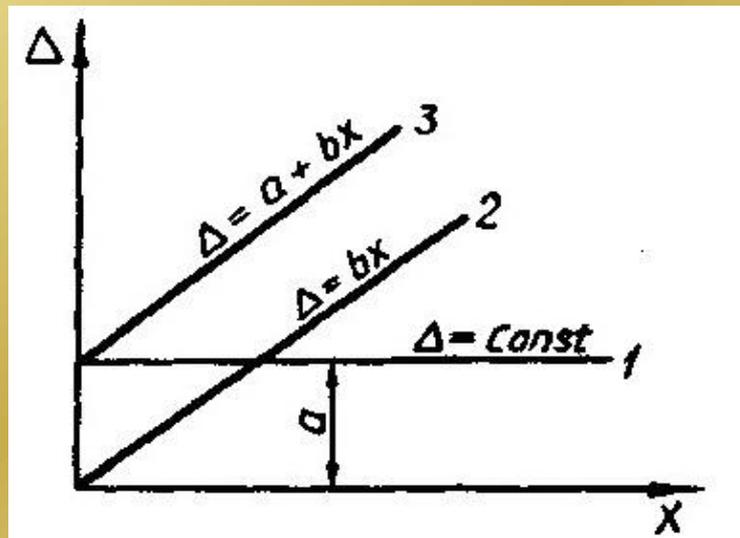


Рисунок 1 – Формирование аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности.

Если значение погрешности не изменяется во всем диапазоне измерения (линия 1), например, из-за трения в опорах, то такая погрешность называется **аддитивной** (или погрешностью нуля).

Если погрешность изменяется пропорционально измеряемой величине (линия 2), то ее называют **мультипликативной**.

В большинстве случаев аддитивная и мультипликативная составляющие присутствуют одновременно (линия 3).

Приведенная погрешность средств измерений – отношение погрешности измерительного прибора к нормирующему значению:

$$\gamma = \frac{\Delta \tilde{O}}{\tilde{O}_{н.}} \cdot 100\%,$$

где ΔX – абсолютная погрешность СИ; $X_{норм}$ – некоторое нормирующее значение. В качестве нормирующего значения могут быть приняты верхний, нижний пределы измерения, диапазон измерения, длина шкалы и т. д.

Статическая погрешность СИ – погрешность средства измерения, используемого для измерения постоянной величины.

Погрешность СИ в динамическом режиме – погрешность средства измерения, используемая для измерения переменной во времени величины.

Динамическая погрешность СИ – разность между погрешностью средства измерения в динамическом режиме и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент времени.

Систематическая погрешность СИ – составляющая погрешности средства измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся во времени.

Случайная погрешность СИ – составляющая погрешности средства измерения, изменяющаяся случайным образом.

Основная погрешность – погрешность средства измерения, используемого в нормальных условиях.

Дополнительная погрешность меры - изменение погрешности меры вследствие изменения ее действительного значения, вызванного отклонением одной из влияющих величин от нормального значения или выходом за пределы нормальной области значений.

Предел допускаемой погрешности средства измерения - наибольшая погрешность средства измерения, при которой оно может быть признана годной к применению.

Точность средства измерения - качество СИ, отражающее близость к нулю его систематических погрешностей.

Правильность средства измерения - качество СИ, отражающее близость к нулю его систематических погрешностей.

Сходимость показания средства измерения - качество СИ, отражающее близость к нулю его случайных погрешностей.

Класс точности средства измерения - обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами СИ, влияющими на точность, значение которых устанавливают на отдельные виды СИ.

3.4 Классы точности СИ

Напряжение питания $220 \pm 2\%$ (220 ± 10)

Температура окружающей среды (293 ± 5) К

**Нормальные
внешние условия
для большинства
средств
измерений:**

Атмосферное давление
 $101,3 \text{ кПа} \pm 4 \text{ кПа}$ ($750 \text{ мм рт. ст.} \pm 30 \text{ мм рт. ст.}$)

Относительная влажность
 $65\% \pm 15\%$

Если основная абсолютная погрешность имеет аддитивный характер, т.е. границы погрешностей измерительного прибора не изменяются в пределах диапазона измерения, то класс точности представляется пределами допускаемой приведенной погрешности:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta \tilde{O}}{\tilde{O}_N} \cdot 100\% = \pm \rho, \%$$

где ΔX – предел допускаемой основной абсолютной погрешности СИ;

ρ – отвлеченное положительное число, выбираемое из следующего ряда чисел:

$$1; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4,5; 6 \quad 10^n$$

X_N – некоторое нормирующее значение (диапазон измерений, верхний или нижний предел измерений или длина шкалы).

Если основная абсолютная погрешность имеет мультипликативный характер, т.е. границы погрешностей измеренного прибора линейно меняются в пределах диапазона измерений (рис. 2), то класс точности представляется пределами допускаемой относительной погрешности δ в виде:

$$\delta = \pm \frac{\Delta X}{X} \cdot 100\% = \pm g, \%$$

где $\Delta X = \epsilon x$ – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности прибора ($\epsilon = tg\lambda$); X – показание прибора; g – отвлеченное положительное число.

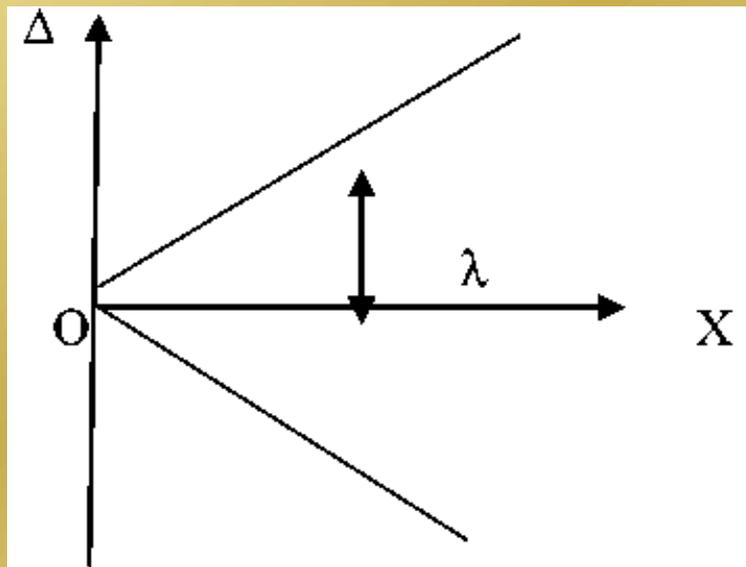


Рисунок 2- Зависимость погрешности от значений шкалы

Если основная абсолютная погрешность СИ имеет аддитивные и мультипликативные составляющие, то класс точности представляется пределами допускаемой относительной погрешности δ в виде:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100\% = \pm \left[c + d \left(\frac{N_x}{X} \right) - 1 \right] \cdot 100\%,$$

где $\Delta = a + bx$, c и d – отвлеченные положительные числа.