

ISS0050 Mõõtmise - Средства измерения

Kristina Vassiljeva

16 октября 2014 г.

**Общие
характеристики
средств
измерений**

- Средства измерения
- Виды
- Виды 2
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- Средство измерения
- Средство измерения

Сигналы

Преобразователи

**Характеристики
точности средств
измерений**

**Общие
характеристики
средств измерений**

Средства измерения

Общие
характеристики
средств
измерений

● Средства
измерения

- Виды
- Виды 2
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- Средство измерения
- Средство измерения

Сигналы

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

Средства измерения / mõõtevahendid / instruments

Измерения проводятся при помощи средств измерений, их точность (погрешность) является нормированной величиной.

- *мера / mõõt / standard*
- *средство измерения / mõõterist / instrument*
- *преобразователь измерения / mõõtemundur / transducer*
- измерительные системы

Виды

Общие характеристики средств измерений

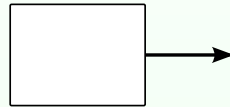
- Средства измерения
- **Виды**
- Виды 2
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- Средство измерения
- Средство измерения

Сигналы

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

1. Мера



точная реализация физической величины объектом (1 kg, 1 Ω , линейка)

номинальное значение + погрешность

2. Средство измерения



в приемлемой форме выдает человеку

результат измерения

3. Преобразователь измерения



преобразует входную величину в форму, которая удобна для дальнейшего использования.

$y = F(x)$ — характеристика преобразования, первичный преобразователь, АЦП.

Виды 2

Общие характеристики средств измерений

- Средства измерения
- Виды
- **Виды 2**
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- Средство измерения
- Средство измерения

Сигналы

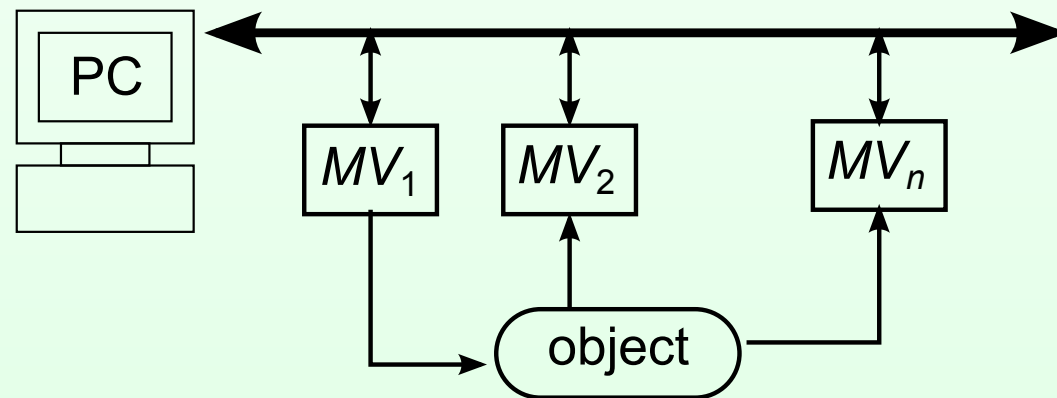
Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

4. Измерительные системы

Совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи.

Автоматическая работа и представление результата



Виртуальные устройства

Общие характеристики средств измерений

- Средства измерения
- Виды
- Виды 2
- **Виртуальные устройства**
- Процедура измерения
- Средство измерения
- Средство измерения

Сигналы

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

Виртуальные средства измерения:

- ПК (графический интерфейс) + программы (программное обеспечение);
- Модули (устройства).

Измерительное устройство состоит из частей: hardware + software

У некоторых несколько процессоров и операционных систем; Широкого профиля (ПК как устройство проектируют так, чтобы код обрабатывался быстрее) или используют специальные процессоры.

Процедура измерения

Общие характеристики средств измерений

- Средства измерения
- Виды
- Виды 2
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- Средство измерения
- Средство измерения

Сигналы

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

Процедура измерения

- Конфигурация устройства, настройка, соединение;
- Измерение;
- Обработка данных;
- Отображение результатов, вывод, сбор и сохранение, использование (управление, принятие решений).

Средство измерения

Общие характеристики средств измерений

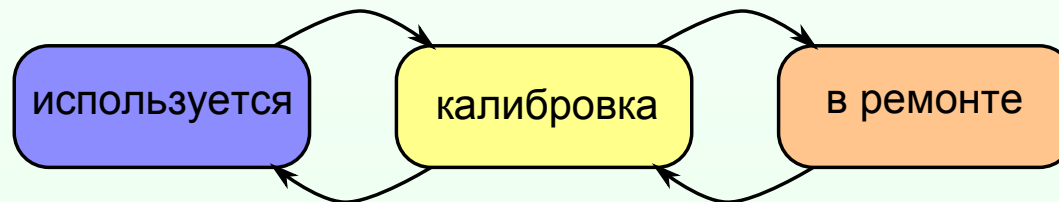
- Средства измерения
- Виды
- Виды 2
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- **Средство измерения**
- Средство измерения

Сигналы

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

С точки зрения предприятия покупка, эксплуатация (пригодность и правильное использование)



С точки зрения производителя товар (производство + продажа)

- реклама, информация, выставки, каталоги
- ASS - "After Sale Service"

Средство измерения

С точки зрения пользователя устройства,
необходимые для работы

- Понимание - как работает, что измеряет.
- Использование - терминология
 - в каком режиме работает ☒
 - что означает "ERROR nr. ..."?
- Быстрое обучение
 - основные возможности;
 - дополнительные возможности.
- Руководство по эксплуатации - понятное и без ошибок
 - примеры, объявления, повторения;
 - доступный и плотный.

Общие
характеристики
средств
измерений

- Средства измерения
- Виды
- Виды 2
- Виртуальные устройства
- Процедура измерения
- Средство измерения
- **Средство измерения**

Сигналы

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- $rdg + digits$
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

Сигналы

Входы

Общие характеристики средств измерений

Сигналы

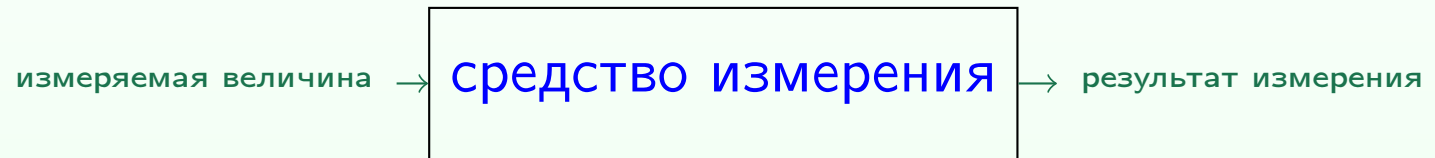
● **Входы**

- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

У средства измерения есть входы и выходы



соединяют

провода, кабели, трубы

физический сигнал содержит

многие величины:

давление, температура

напряжение, частота

энергетический

напряжение U , ток I

потребляет мощность

данные / andmed / data

представление по договоренности

(bin, bcd, последовательность)

не являются знаниями

(упорядоченная информация)

Вход

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- **Вход**
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- Вид физической величины

U, I, t°, \dots

“...метр” - вольтметр, термометр

- *диапазон измерения / mõõteulatus / range*
- *предел измерения / mõõtepiirkond / span*

$0 \dots x_r$

$-X \dots 0 \dots +X$

30 V, 5 A, 125 mm, ...

± 100 A, ± 50 °C, ...

Предел измерения

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- **Предел измерения**

- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- Несколько пределов измерения

0.1, 1, 10, 100 10×

1, 3, 10, 30, 100 3×

выбор предела : ручной/ автоматический **АВП**

- Изменяемый предел измерения (ZERO, SPAN)

- *перегрузка* / *"ulekormus"* / *overload*

средство измерения может сломаться - какую нагрузку выдержит?

2×, 10×, 1000×, ... - индикация?

- влияние входа на измеряемые величины

внутреннее сопротивление R_{in} , емкость C_{in}

Выход

Общие характеристики средств измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- **Выход**
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

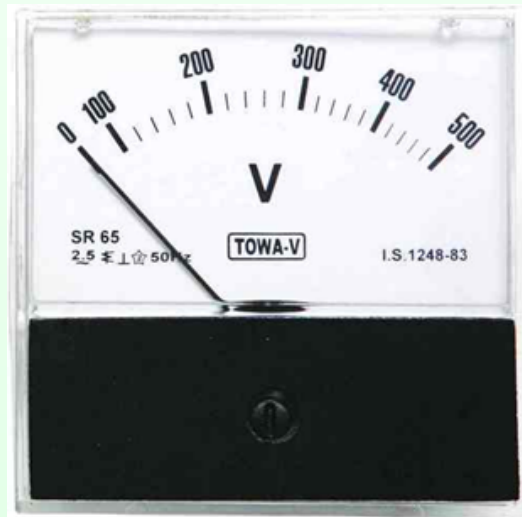
Характеристики точности средств измерений

Выход выдается числовым значением и единицами измерения.

На выходе средства измерения стрелочное показание либо числовое показание

Стрелочный прибор: стрелка+шкала(ы)+деление.

- с одним пределом измерения - прямое считывание



Пределы

Общие характеристики средств измерений

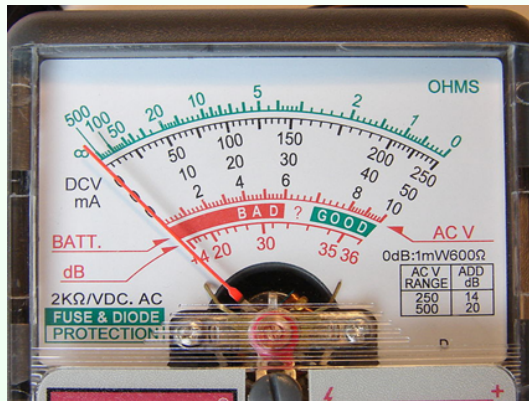
Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- **Пределы**
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

- С несколькими пределами измерения: несколько различных шкал



span/ range - предел,
scale - количество делений,
value - показание.

- С несколькими пределами измерения: одна шкала “деления”

количество делений в шкале: 100, 150 (а не 151 или 155!),
известен предел измерения.

$$\text{result} = \frac{\text{span}}{\text{scale}} \cdot \text{value}$$

Во время измерения

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- **Во время измерения**
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- $\text{rdg} + \text{digits}$
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

NB!

- Проверяйте, на каком пределе производите измерение!
- Точность считанного значения со шкалы: по крайней мере 0.5 деления.
- Есть ли механическая корректировка “нуля”.
- Стрелочные приборы очень чувствительны к перегрузкам.

Цифровой дисплей

Общие характеристики средств измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- **Цифровой дисплей**

- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений



Знак, цифра, плавающая точка, единицы измерения. Количество разрядов ($n = 3, 5, 6, \dots$). У более точного устройства количество разрядов больше.

Числа можно представлять по-разному:

n -значное число

000 ... 0	n – (десятичного порядка) тах показание - <u>неудобно!</u>
999 ... 9	

$n + 1$ -значное число

0000 ... 0	$n + 1/2$ (десятичного порядка) тах показание: 2, 20, 200, ...
1999 ... 9	

Представление

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- **Представление**
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

Другие возможности

000 ... 0
299 ... 9

max показание: 3, 30, 300, ...

000 ... 0
119 ... 9

max показание: 1.2, 12, 120, ...

Выбор предела: в ручном режиме/ автоматический
Индикация перегрузки (величина находится вне предела?)

NB! Считывайте все цифры, которые показывает измерительное средство. Округляйте в самый последний момент при обработке данных.

Представление

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- **Представление**
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

Представление результатов десятичным числом X является обозначение $X \pm \frac{1}{2}$ младшего разряда.

Действительная погрешность прибора больше, чем $\pm \frac{1}{2}$ младшего разряда, ее описывают максимальной погрешностью (предельной погрешностью).

rdg + digits

Общие характеристики средств измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- **rdg + digits**
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

Input	Range	Measurement accuracy	Max. resolution
DC V	20 mV	$\pm(0.1\% \text{ of rdg} + 2 \text{ digits})$	10 μV
	60 mV		10 μV
	200 mV		100 μV
	2 V		1 mV
	6 V		1 mV
	20 V	10 mV	
	50 V	$\pm(0.1\% \text{ of rdg} + 3 \text{ digits})$	10 mV

Погрешность измерения выражается как точность измерения.

- rdg - reading (считанное значение);
- digit(s) - определенная погрешность не зависящая от входа. 1 цифра - наименьшее значение, которое может отображаться (наименьшее разрешение прибора).

Сигналы и данные

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

- Входы
- Вход
- Предел измерения
- Выход
- Пределы
- Во время измерения
- Цифровой дисплей
- Представление
- Представление
- rdg + digits
- Сигналы и данные

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- В промышленности средства измерения часть большой системы.
- Измеренные значения передают для сохранения в базы данных.
- Сохраненные данные используются для проверки, управления, анализа, etc.

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

Преобразователи

- Преобразователи
 - Mundur
 - Внутренняя структура
 - Прямое преобразование
 - Прямое преобразование
 - Обратное преобразование

Характеристики
точности средств
измерений

Преобразователи

Преобразователи

Общие характеристики средств измерений

Сигналы

Преобразователи

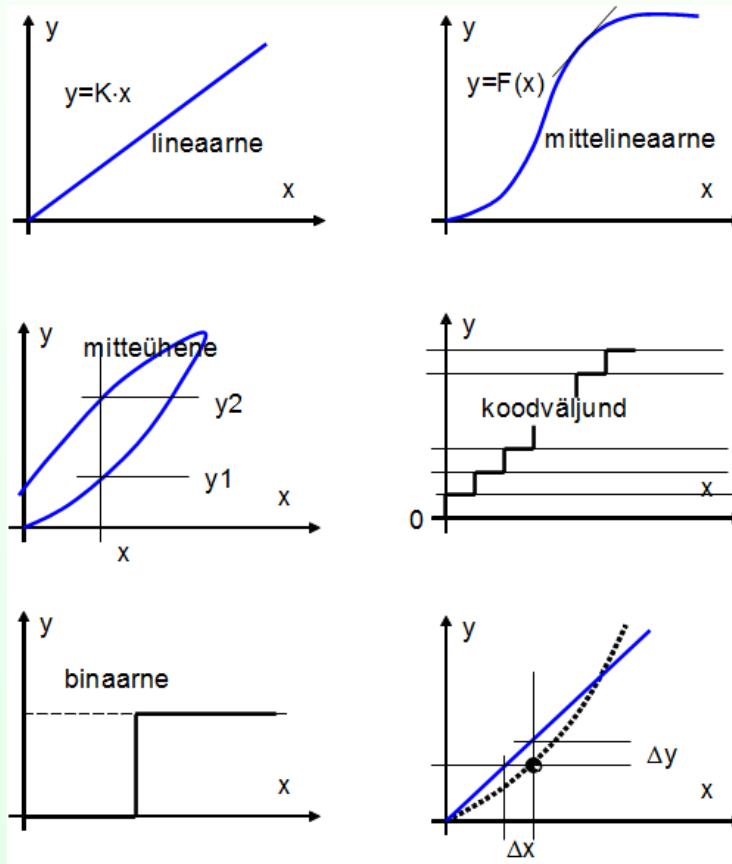
• Преобразователи

- Mundur
- Внутренняя структура
- Прямое преобразование
- Прямое преобразование
- Обратное преобразование

Характеристики точности средств измерений

У преобразователей выходной сигнал вида: -

электрический аналоговый сигнал (0 – 10 V, 4 – 20 mA) - 16 битное двоичное число (0000 – FFFF) - данные текстом “-4.183 mV” (интерфейсы и протоколы)



Mundur

Общие характеристики средств измерений

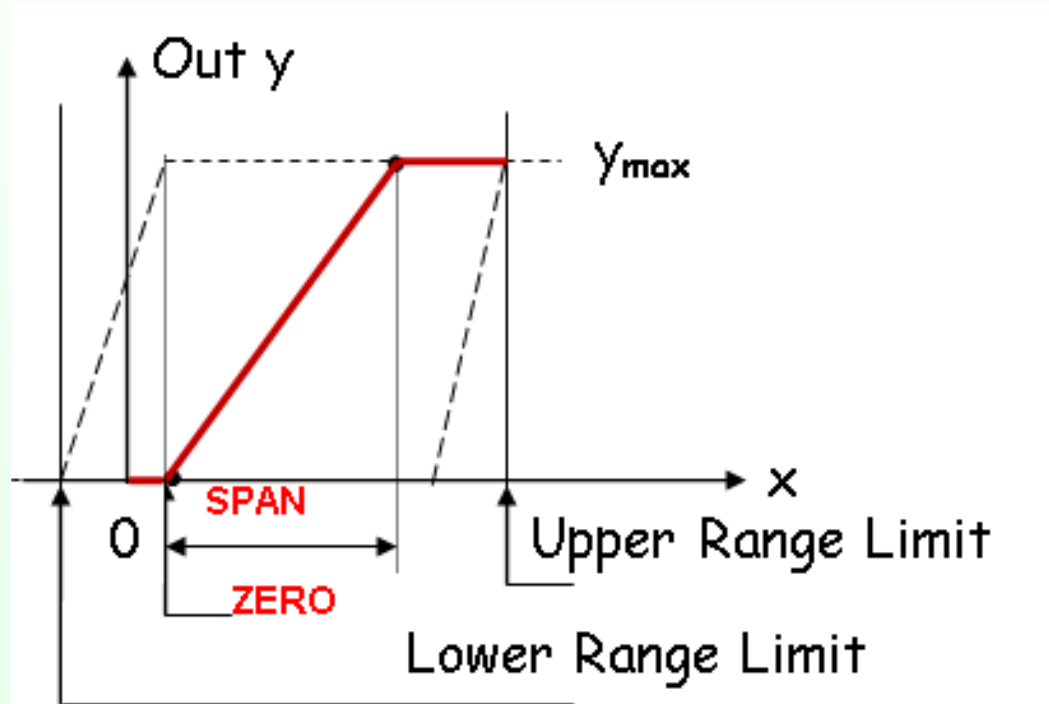
Сигналы

Преобразователи

- Преобразователи
- **Mundur**
- Внутренняя структура
- Прямое преобразование
- Прямое преобразование
- Обратное преобразование

Характеристики точности средств измерений

У многих преобразователей используемых в промышленности пределы можно поменять

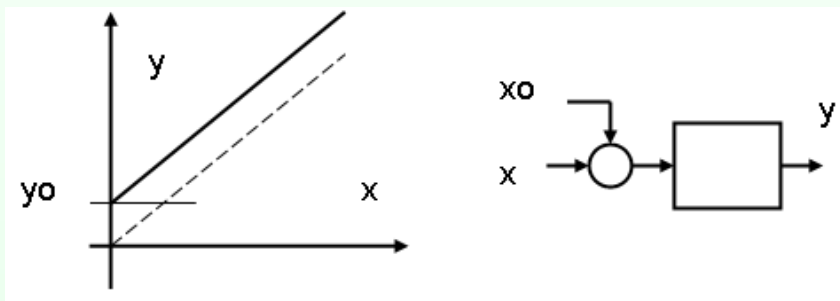
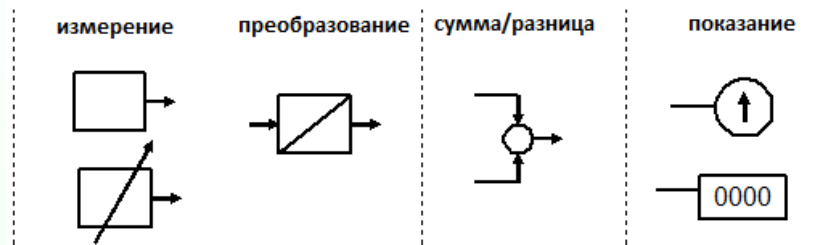


Примеры:

температура $+50\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +300\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow$ в ток
давление $-100\text{ Pa} \dots +2000\text{ Pa} \rightarrow$ к числовому
значению $0 \dots 4095$

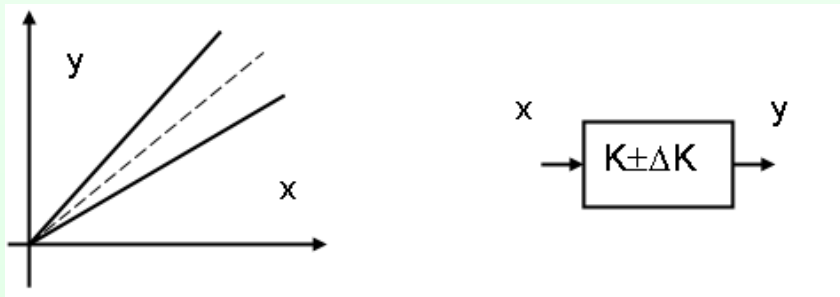
Внутренняя структура

Из чего состоит? Какие компоненты?



$$y = Kx + y_0$$
$$y = K(x + x_0)$$

СДВИГ



$$y = (K \pm \Delta K)x$$

изменение
коэффициента
усиления

2 структуры: прямое преобразование, уравновешивание

Общие характеристики средств измерений

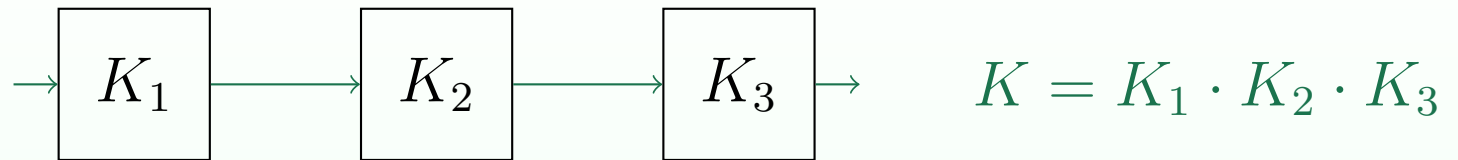
Сигналы

Преобразователи

- Преобразователи
- Mundur
- **Внутренняя структура**
- Прямое преобразование
- Прямое преобразование
- Обратное преобразование

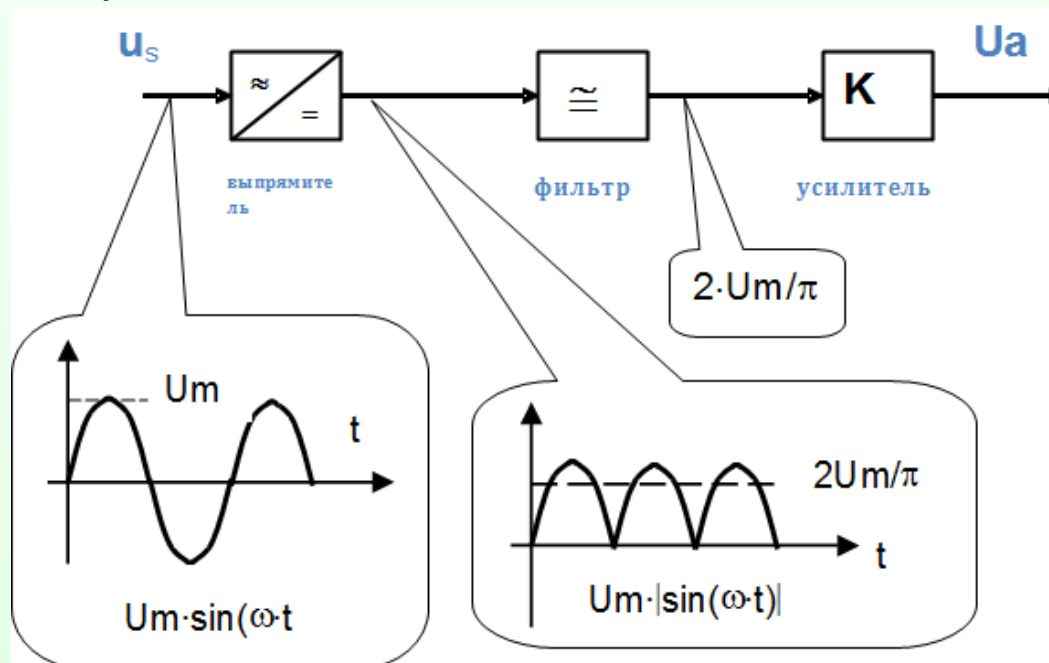
Характеристики точности средств измерений

Прямое преобразование



Пример: вольтметр переменного напряжения.

Преобразует сигнал в постоянный, измеряет постоянное напряжение.



Общие характеристики средств измерений

Сигналы

Преобразователи

- Преобразователи
- Mundur
- Внутренняя структура
- **Прямое преобразование**
- Прямое преобразование
- Обратное преобразование

Характеристики точности средств измерений

Прямое преобразование

Общие характеристики средств измерений

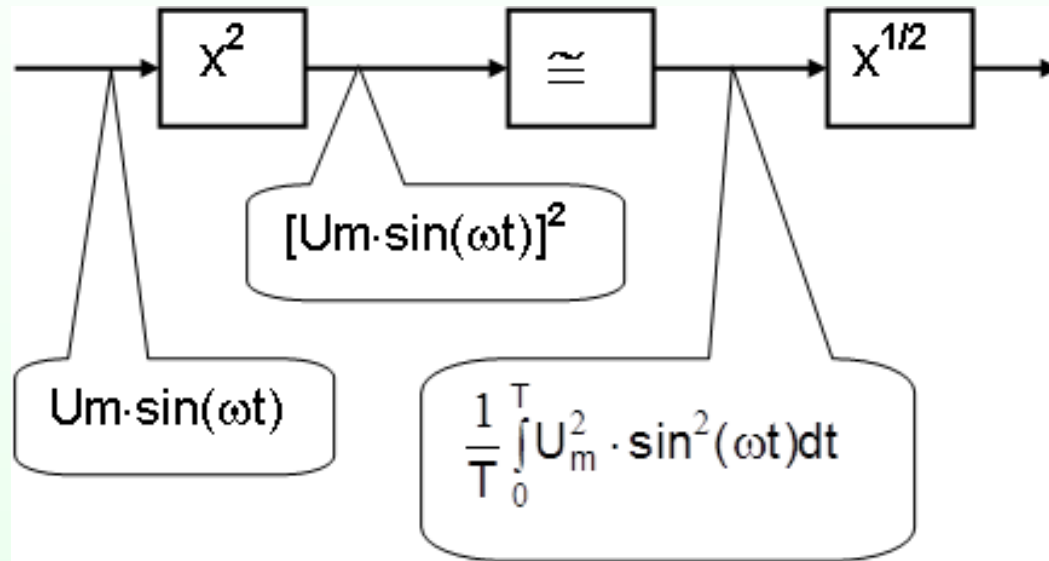
Сигналы

Преобразователи

- Преобразователи
- Mundur
- Внутренняя структура
- Прямое преобразование
- **Прямое преобразование**
- Обратное преобразование

Характеристики точности средств измерений

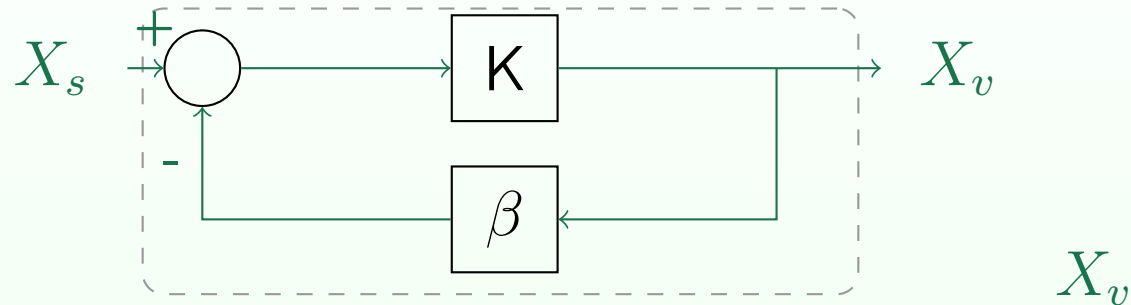
Вольтметр по эффективному значению



$$U_a = U_m / \sqrt{2}$$

Постоянный сигнал, у которого мощность такая же, что и у входного сигнала.

Обратное преобразование



преобразуют обратно к виду X_s и их сравнивают

$$(X_s - \beta \cdot X_v) \cdot K = X_v$$

$$X_v = \frac{K}{1 + \beta \cdot K} \cdot X_s = K_0 \cdot X_s$$

В случае $K \gg 1$, $K_0 \approx 1/\beta$ к неизвестному изменению K .

Получаем приличное устройство из низкопробных элементов.

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

Преобразователи

•

Преобразователи

- Mundur
- Внутренняя структура
- Прямое преобразование
- Прямое преобразование

• **Обратное преобразование**

Характеристики
точности средств
измерений

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

Характеристики точности средств измерений

● **Предельная
погрешность**

- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

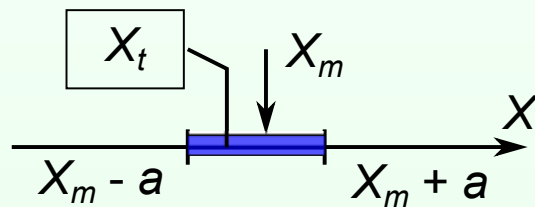
Предельная погрешность

Экстремальные оценки погрешности (описывают максимально возможные погрешности)

Абсолютная погрешность

$$\Delta = X_m - X_t$$

$\max |\Delta| = \max |X_m - X_t| \leq a$ - показывает границы отклонения показания, a - константа (с единицами измерения!)



При использовании устройства необходимо убедиться, что погрешность прибора в пределах $\pm a$.

$$X_m - a < X_t < X_m + a$$

Если дополнительная информация об устройстве отсутствует, то данная погрешность представляет неопределенность измерения расширенной неопределенностью.

Зависимости

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- Предельная погрешность
- **Зависимости**
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

Предельная погрешность $a(X, X_p, t, T, \dots)$ зависит от:

- с каким значением измеряют величину X ;
- на каком пределе измеряют X_r ;
- как много времени t прошло после последней калибровки;
- каковы условия проведения измерений (температура T, \dots).

Зависимость предельной погрешности a от измеряемой величины X можно определить:

1. независимо,
2. пропорционально,
3. линейно.

Независимые

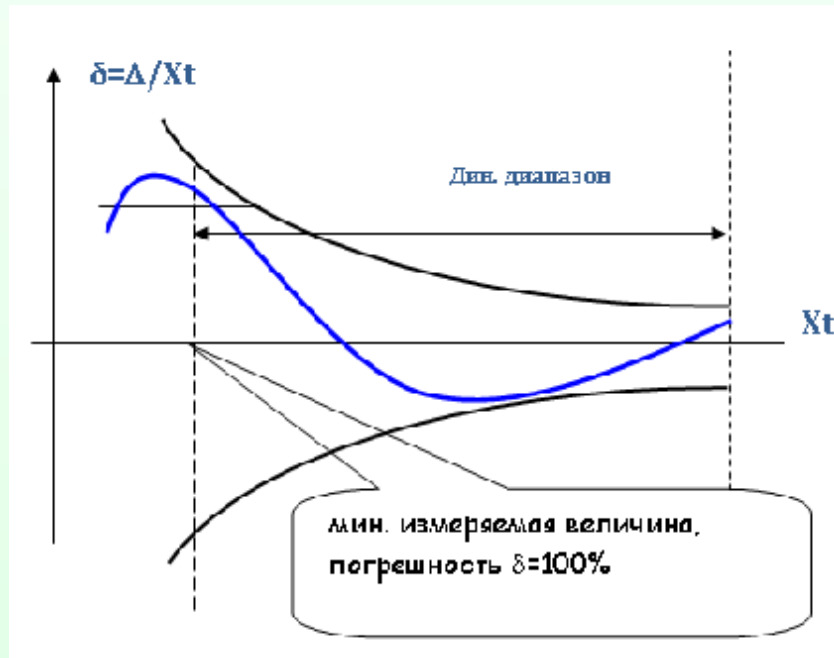
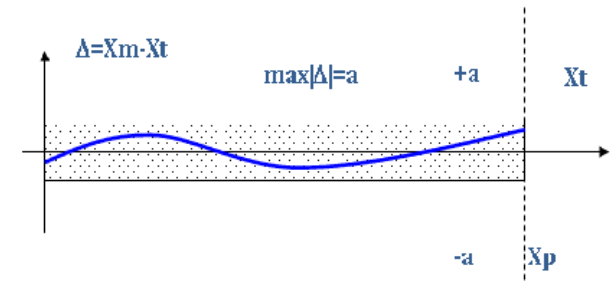
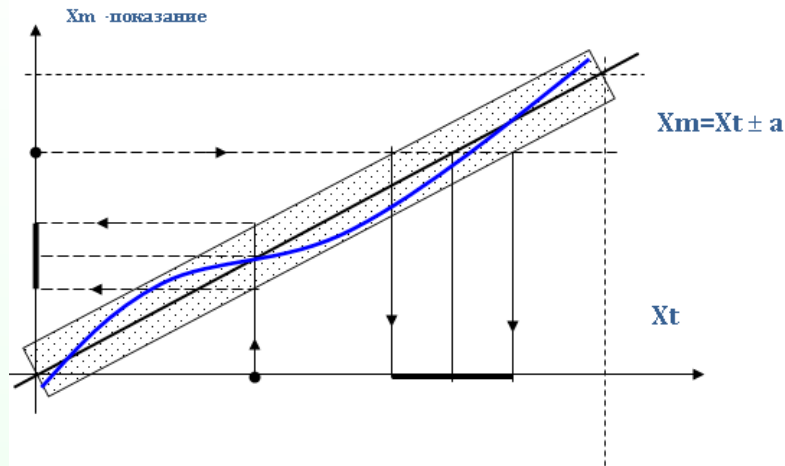
Общие характеристики средств измерений

Сигналы

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

- Предельная погрешность
- Зависимости
- **Независимые**
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты



Предельно допустимая погрешность не зависит от измеряемой величины X (на конкретном диапазоне измерения X_r)

Представление

Общие характеристики средств измерений

Сигналы

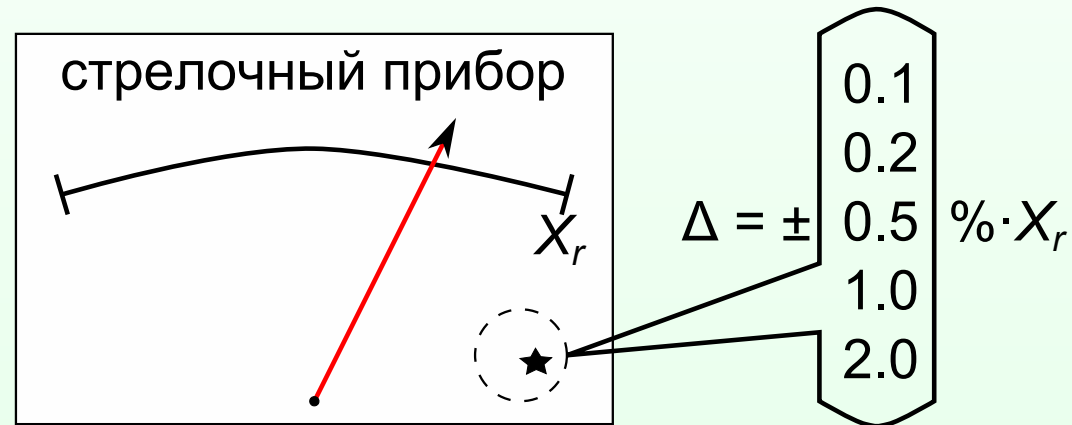
Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- **Представление**
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

1. Числом на шкале: $\pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\pm 100 \text{ kPa}$
2. Классом точности

приведенная погрешность: % по отношению к пределу измерения X_p



Класс точности остается постоянным для всех диапазонов измерительного устройства!

Измерения

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- **Измерения**
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

При возможности измеряйте величины на более чувствительном диапазоне, так как при меньшем диапазоне погрешность Δ меньше.

Перед измерением обязательно проверь:

- подходит ли прибор для измерения данной величины (постоянный / переменный);
- подходит ли предел;
- правильное положение прибора (горизонтальное / вертикальное);
- надо ли корректировать механический ноль.

Примеры

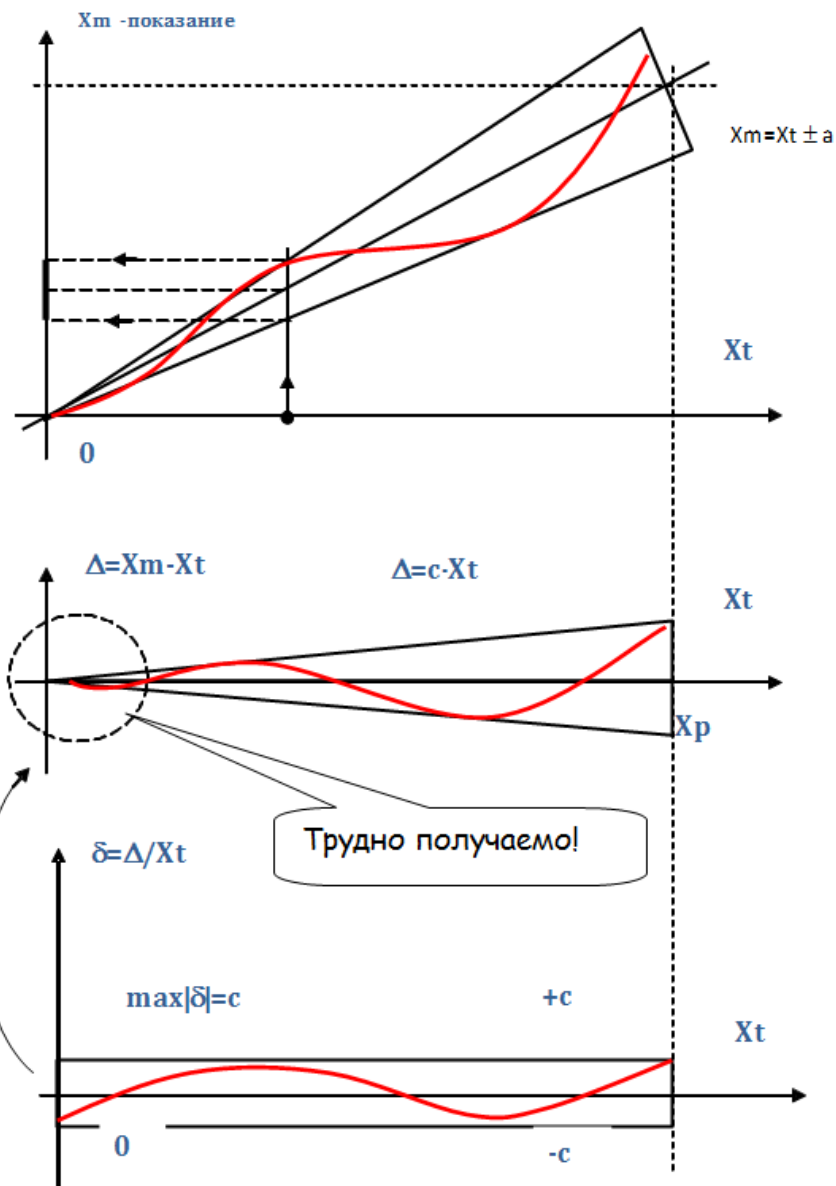
Общие характеристики средств измерений

Сигналы

Преобразователи

Характеристики точности средств измерений

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты



не целесообразно и трудноосуществимо.

Предельно допустимая погрешность пропорциональна измеряемой величине X .
(относительная ошибка)

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- **Двухкомпонентная**
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

Двухкомпонентная

Целью является наиболее точное определение погрешности
 $\max |\Delta| = a \cdot X_m + b \cdot X_r$, где a, b - числа без единиц
измерения (% , ppm)

X_m - измеряемая величина ($|X_m|$ в случае постоянного
сигнала), X_r предел измерения.

Разные производители представляют погрешность
по-разному:

USA $\Delta = \pm(\%of\text{reading} + \%of\text{range})$ точность

RUS $\delta = \frac{\Delta}{X_m} = \pm[c + d(\frac{X_r}{X_m - 1})]\%$ относительная
погрешность

c - приведенная погрешность в конце диапазона ($X_m = X_r$)

d - приведенная погрешность в начале диапазона ($X_m = 0$)

или

$$\delta = \pm[(c - d) \cdot X_m + d \cdot X_r]\%$$

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- **Изменение погрешности**
- Как?
- Тесты

Изменение погрешности

Влияние важной помехи (температуры T) описывает дополнительная погрешность

$\Delta = \pm[a\% \cdot X_m + b\% \cdot X_p + (c\% \cdot X_m + d\% \cdot X_p) \cdot \Delta T]$, где ΔT - температура вне нормальных условий $(18 \pm 5)^\circ C$

Изменение погрешности во времени может быть:

- асимптотический переход к новому значению;
- линейный рост;
- экспонентный рост;
- скачкообразное изменение (значение упало!);
- случайная функция;
- получение рабочего режима после включения.

Причиной изменения погрешности является:

дефекты компонентов;
рекристаллизация сплавов;
внешние влияния (температура, влажность, вибрация, ...).

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- Тесты

Как?

Из-за изменения погрешности необходимо:

1. Описать и учесть изменение погрешности во времени

описать предельную погрешность временным интервалом;

описать дрейфом за год: $\pm 0.015\%$.

2. Определить временной интервал, про истечение которого необходимо проверить устройство (откалибровать)

у более точного средства измерения: 1 год.

Тесты

Общие
характеристики
средств
измерений

Сигналы

Преобразователи

Характеристики
точности средств
измерений

- Предельная погрешность
- Зависимости
- Независимые
- Представление
- Измерения
- Пропорциональная
- Двухкомпонентная
- Изменение погрешности
- Как?
- **Тесты**

Firma Agilent multimeetriga tüüp 34410A mõõdeti alalispinget. Näit piirkonnal 10 V oli -3.27585 V. Viimasest taatlusest oli möödas 10 kuud. Arvuta mõõtmise piirviga.

Firma Agilent multimeetriga tüüp 34410A mõõdeti vahelduvpinget sagedusega 4 kHz. Näit piirkonnal 750 V oli 451.624 V. Viimasest taatlusest oli möödas 7 kuud. Arvuta mõõtmise piirviga.