

Лекция № 2-3

Тема №1

**« Общие сведения об
информационно- измерительных
системах.**

**Принципы классификации и
основы структурной реализации
ИИС».**

Вопросы лекции:

1. Назначение и виды ИИС. Классификация ИИС.
2. Особенности метрологического обеспечения ИИС.
3. Измерительные преобразователи ИИС.
 - Основные термины и определения
 - Комбинированные преобразователи
 - Измерительные цепи преобразователей
 - Основные технические характеристики
 - Погрешности измерительных преобразователей

1. Назначение и виды ИИС. Классификация ИИС.

Основными признаками ИИС являются:

- область применения;
- способ комплектования;
- структура, виды входных сигналов;
- виды измерений;
- режим работы;
- функциональные свойства компонентов.

По области применения ИИС

делят на группы:

- для научных исследований;
- для испытаний и контроля сложных изделий;
- для управления технологическими процессами.

По способу комплектования:

- агрегатированные;
- неагрегатированные, состоящие из компонентов, специально разработанных для конкретных систем.

Агрегатированные ИИС, включают **универсальное ядро - ИВК**, на основе которого, используя датчики различных физических величин можно строить ИИС различного назначения.

По структурным признакам:

- системы параллельно-последовательной структуры (наличие ИК циклически коммутируемого с множеством датчиков);
- системы параллельной структуры, включающие множество одновременно работающих каналов, выходные системы которых преобразуются функциональным единым преобразователем и обрабатываются в одном вычислительном устройстве.

Сигналы на входе ИИС могут быть :

- непрерывными;
- дискретными;
- детерминированными;
- случайными.

Режима работы ИИС: статический и динамический.

В динамическом режиме инерционные свойства системы оказывают влияние на результат измерения.

Под компонентом ИИС понимают входящие в состав ИИС технические устройства, выполняющие одну из функций, предусмотримых процессом измерений и преобразования измерительной информации в другие виды информации.

В соответствии с функциями, компоненты подразделяют на :

- измерительные;
- связующие;
- вычислительные ;
- информационные.

Измерительный компонент ИИС -

средство измерений: измерительный прибор, измерительный преобразователь, мера, измерительный коммутатор.

Измерительные компоненты по характеру функциональных преобразований подразделяются на аналого-цифровые и цифроаналоговые.

Аналоговые измерительные компоненты могут быть линейными и нелинейными, аналого-цифровые по своей природе являются нелинейными устройствами.

Связующий компонент ИИС - техническое устройство, либо часть окружающей среды, предназначенные или используемые для передачи с минимально возможными искажениями сигналов, несущих информацию об измеряемой величине, от одного компонента ИИС к другому.

Вычислительный компонент ИИС -

цифровое вычислительное устройство (или его часть) совместно с программным обеспечением, выполняющее функцию обработки (вычисления) результатов наблюдений для получения расчетным путем результатов измерений, выражаемых числом или соответствующим кодом.

Вычислительные компоненты подразделяются на:

- аналогово-вычислительные - аналоговые устройства, выходной сигнал которых является функцией двух или более сигналов;
- цифровые вычислительные - устройства, выходной цифровой сигнал которых является функцией двух или более сигналов.

Информационный компонент ИИС -

техническое средство, предназначенное для получения информации, хранения, преобразования и передачи информации.

Процесс измерения, состоит из ряда последовательных преобразований информации об измеряемой величине, проводимых до тех пор, пока она не будет представлена в том виде, ради получения которого и выполняется данное измерение.

СИ рассматривается как канал приема и передачи информации . Таким образом, СИ и измерительный компонент ИИС являются разновидностью информационного компонента.

-
-

метрологического обеспечения

ИИС

Любая ИИС должна быть метрологически корректной и удовлетворять требованиям системы обеспечения единства измерений в соответствии с государственными законодательными актами и международными нормативными документами.

Выделение ИИС в отдельную специфическую разновидность СИ обусловлено рядом их особенностей, порождающих специфику их МО.

-

Интеллектуализация СИ и ИИС, т.е.
включение в их состав микропроцессоров
и ЭВМ с целью автоматизации обработки
данных, выполнения обработки в режиме
on-line, управления процедурой измерений,
приводит к растущему значению
метрологического аспекта создания и
использования алгоритмов и программ
обработки данных.



Результаты анализа основных особенностей ИИС и возникающих в связи с этим проблем МО ИИС

Таблица 1

Особенность ИИС	Основные проблемы МО
1. Многофункциональность	Обеспечение одновременного измерения ряда физических величин; построение обобщенных оценок на основе измерений большого числа параметров; вычисление комплексных параметров
2. Наличие в составе системы ЭВМ	Решение задач, связанных с оценкой качества алгоритмов обработки вычислений

3. Многоканальность

4. Неразрывная связь многих ИИС с объектом, на котором они эксплуатируются, невозможность снятия таких систем с объектов, не нарушая его целостности

5. Сложность описания объектов и их моделирования

6. Агрегатный способ построения

Оценка, уменьшение или исключение влияния каналов друг на друга

Решение проблем проведения метрологического обслуживания в условиях невозможности привязки используемых СИ к эталону путем перемещения СИ к месту дислокации эталона. Невозможность комплектной поверки ИК по условиям установки датчиков на объекте

Сложность учета влияния объектов на точность измерения в условиях дефицита исходной (априорной) информации

Возможность исследования ИИС как законченного целого только на объекте

<p>7. Распределение компонентов и составных частей ИИС в пространстве</p>	<p>Учет влияния на точность измерений различных условий эксплуатации компонентов ИИС</p>
<p>8. Возможность изменения состава ИИС в процессе эксплуатации</p>	<p>Сложность регламентации требований системам на момент их выпуска</p>
<p>9. Наличие динамических режимов измерения</p>	<p>Необходимость исследования динамических свойств системы и согласование их с объектом</p>

Таблица 1. Результаты анализа основных особенностей ИИС и возникающих в связи с этим проблем МО ИИС

3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИИС

3.1 Основные термины и определения

Измерительное преобразование - отражение размера одной физической величины размером другой физической величины, функционально с ней связанной.

Применение измерительных преобразований является единственным методом практического построения любых измерительных устройств.

Измерительный преобразователь (ИП) - это средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Другими словами, **измерительный преобразователь** - это техническое устройство, построенное на определенном физическом принципе или эффекте, выполняющее одно частное измерительное преобразование.

•

В общем случае по виду входных и выходных физических величин ИП можно подразделить на преобразователи неэлектрических величин в неэлектрические, неэлектрических величин в электрические, электрических величин в электрические, электрических величин в неэлектрические.

Структурная схема простейшей измерительной системы.

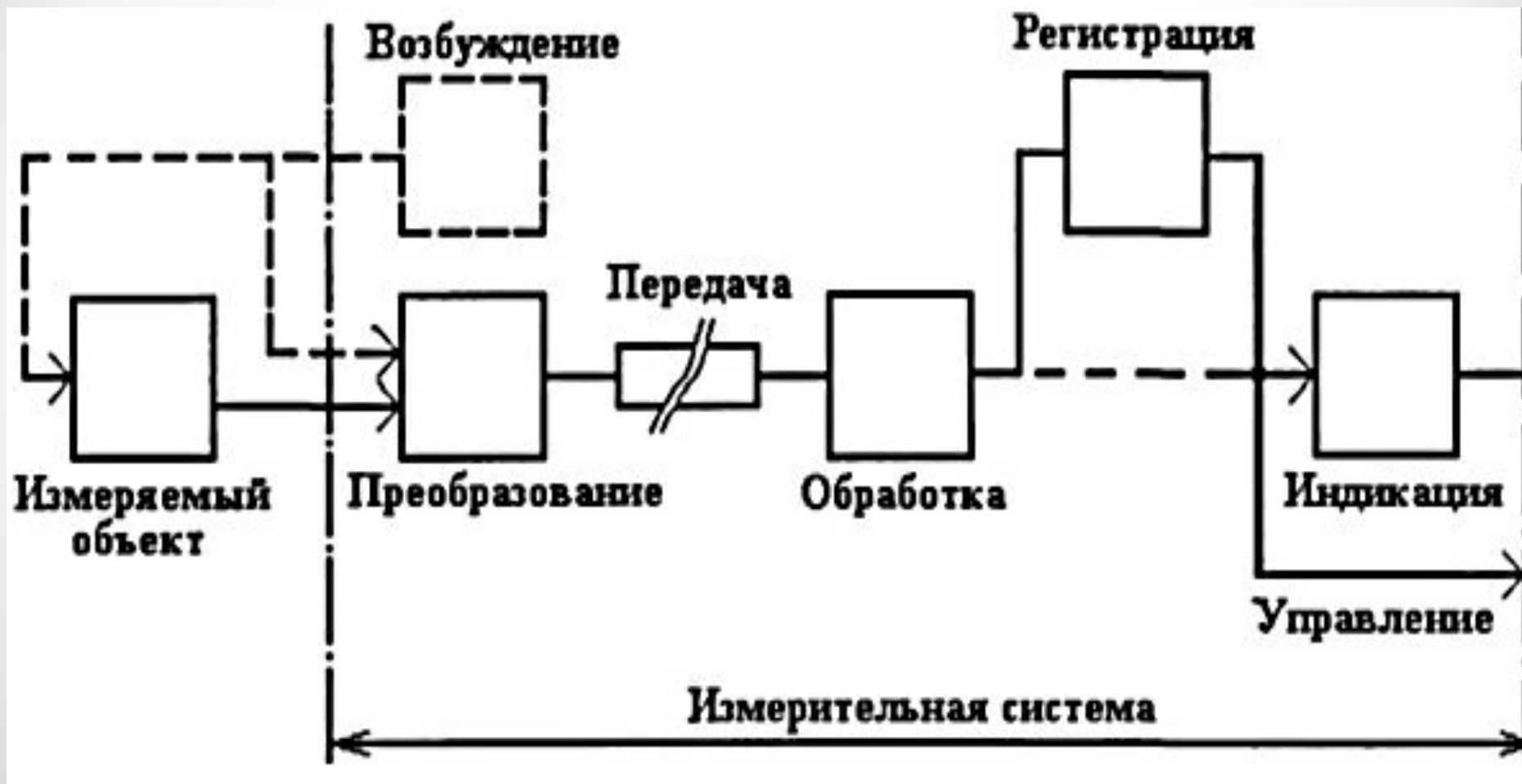


Рисунок 1. Структурная схема простейшей измерительной системы

Преобразователь - первый элемент

измерительной системы, является основным источником электрического сигнала, тогда как остальная часть цепи должна обеспечить передачу, обработку и использование сигнала.

Электрический сигнал - это переменная

составляющая тока или напряжения, которая несет информацию, связанную со значением измеряемой величины; амплитуда и частота сигнала должны быть непосредственно связаны с амплитудой или частотой измеряемой величины 1.

Надлежащий выбор преобразователя и правильное построение измерительного канала означают, что в сигнал не вносятся дополнительные погрешностей или ограничений сверх тех, которые были ему присущи изначально.

От высокого качества преобразователя в первую очередь зависят как более или менее точное соответствие между истинным значением измеряемой величины и значением, полученным при измерениях, так и пределы вносимых в полученную величину погрешностей.

Информация о значении измеряемой величины, которую мы хотим получить от измеряемого объекта, не всегда имеет форму активной информации.

В тех случаях, когда измеряемая величина не является активной, необходимо воспользоваться источником возбуждения, который будет оказывать воздействие на измеряемый объект. Тогда отклик объекта (вместе с самим воздействием) будет содержать желаемую информацию.

Если же измеряемый объект сам порождает сигнал, уже содержащий необходимую информацию, то во внешнем возбуждении нет надобности.

При преобразовании неэлектрических величин, таких, как жесткость, тепловое сопротивление, смещение и т.д., чаще всего применяются различного рода измерительные преобразователи, и система в целом не остается чисто механической или тепловой измерительной системой. В преобразователе входная величина трансформируется в электрический выходной сигнал, который несет информацию о ее значении.

Большим достоинством такого преобразования является тот факт, что оно дает возможность в дальнейшем обрабатывать информацию с помощью электроники.

Передавая измерительную информацию, возможно осуществлять преобразования на значительном расстоянии от объекта.

Измерительная информация не всегда представлена в виде аналоговой величины. Для того, чтобы сделать систему менее чувствительной к возмущениям, ее "помещают" в частоту сигнала или в длительность импульсов, следующих с постоянной частотой, или передают ее в цифровом виде.

Перед передачей сигнала наблюдателю его предварительно подвергают обработке (усилению, фильтрации, коррекции нелинейности преобразователя и др.).

Сигнал - материальный носитель информации.

Различают две основные формы сигналов:

- **непрерывную** в виде физического процесса (информация в нем определяется размером какого-либо информативного параметра - тока, амплитуды, частоты и др.);
- **дискретную кодированную** (информация заключена в числе элементов кода, их расположении во времени или в пространстве).

По месту расположения в измерительной цепи различают первичные, промежуточные и передающие преобразователи. Выделяют также масштабные измерительные преобразователи.

Первичный преобразователь - измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина.

Датчик - конструктивно обособленный первичный измерительный преобразователь, от которого поступают сигналы измерительной информации, он может быть вынесен на значительное расстояние от средства измерения,

Промежуточный преобразователь –

измерительный преобразователь, занимающий место в измерительной цепи после первичного преобразователя.

Передающий преобразователь -

измерительный преобразователь, предназначенный для дистанционной передачи сигнала измерительной информации.

Масштабный преобразователь -

измерительный преобразователь, предназначенный для изменения размера физической величины или измерительного сигнала в заданное число раз.

Аналоговый преобразователь - измерительный преобразователь, преобразующий одну аналоговую величину (аналоговый измерительный сигнал) в другую аналоговую величину (аналоговый измерительный сигнал).

Аналого-цифровой преобразователь – измерительный преобразователь, предназначенный для преобразования аналогового измерительного сигнала в цифровой код.

Цифроаналоговый преобразователь – измерительный преобразователь, предназначенный для преобразования числового кода в аналоговую величину.

•

•

Объект измерения - это, как правило, сложный, многогранный процесс, характеризующийся множеством параметров, каждый из которых действует на измерительный преобразователь совместно с остальными параметрами.

Нас же интересует только один параметр, который называется измеряемой величиной, а все остальные параметры процесса считаются помехами.

Поэтому у каждого измерительного преобразователя устанавливается его естественная входная величина, которая лучше всего воспринимается им на фоне помех.

Подобным образом можно выделить естественную выходную величину измерительного преобразователя.

Преобразователи неэлектрических величин в электрические с точки зрения вида сигнала на его выходе могут быть подразделены на генераторные, выдающие заряд, напряжение или ток (выходная величина $E = F(X)$ или $I = F(X)$ и внутреннее сопротивление $Z_{ВН} = \text{const}$), и параметрические с выходным сопротивлением, индуктивностью или емкостью, изменяющимися в соответствии с значением входной величины (ЭДС $E = 0$ и выходная величина в виде изменения R , L или C в функции X).

•

По физическому явлению, положенному в основу работы, и типу входной физической величины генераторные и параметрические преобразователи делятся на ряд разновидностей:

- **генераторные** - на пьезоэлектрические, термоэлектрические и т.п.;
- резистивные - на контактные, реостатные и т.д.;
- **электромагнитные** - на индуктивные, трансформаторные и т.д.;

Измерительные преобразователи
неэлектрических величин в электрические

Генераторные

Параметрические

Индукцион-
ные

Пьезоэлект-
рические

Резистив-
ные

Емкостные

Электро-
магнитные

Термоэлект-
рические

Фотоэлект-
рические

Гальвани-
ческие

Иониза-
ционные

Электро-
химические

Индук-
тивные

Трансфор-
маторные

Магнито-
упругие

Контактные

Реостатные

Терморезис-
тивные

Тензорезис-
тивные

Фоторезис-
тивные

По виду модуляции все ИП делятся на две большие группы:

- амплитудные и частотные;
- временные, фазовые.

1.4 Комбинированные преобразователи.

При измерениях некоторых неэлектрических величин не всегда удастся преобразовать их непосредственно в электрическую величину. В этих случаях осуществляют двойное преобразование исходной (первичной) измеряемой величины в промежуточную неэлектрическую величину, которую преобразуют затем в выходную электрическую величину. Совокупность двух соответствующих измерительных преобразователей образует комбинированный преобразователь.

Комбинированный преобразователь.

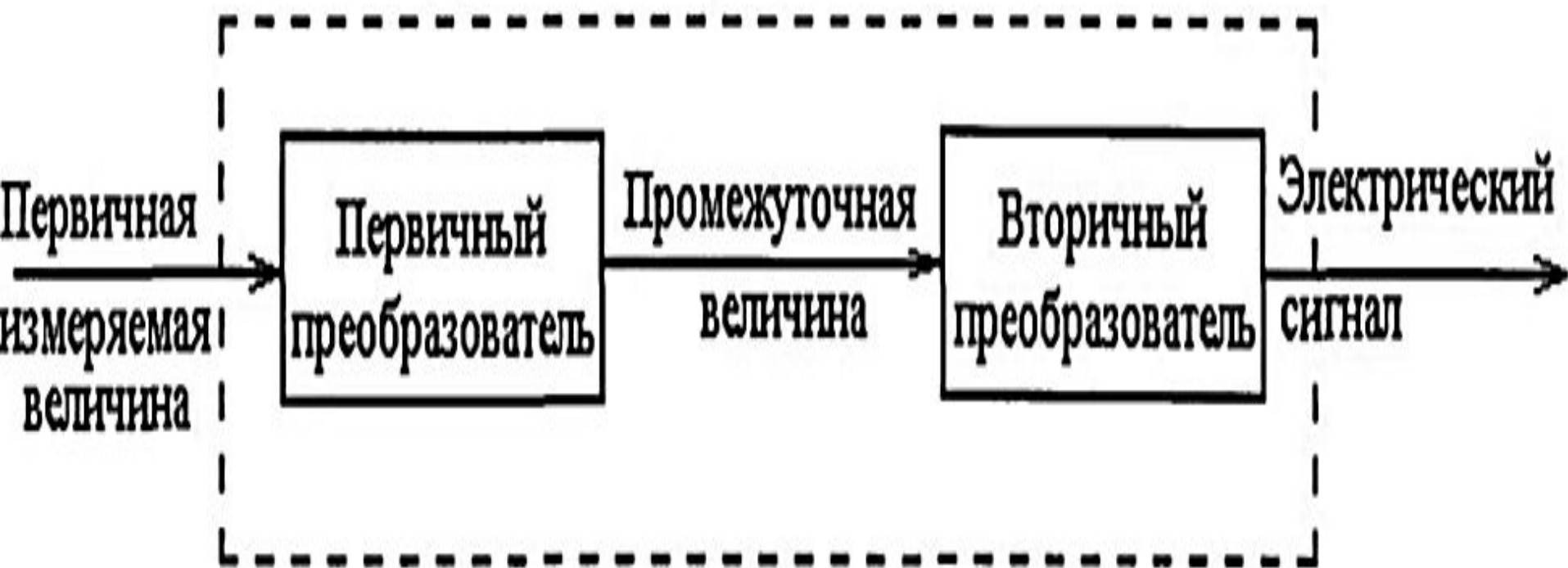


Рисунок 2. Структурная схема комбинированного преобразователя

Подобные преобразования удобны для измерения механических величин, вызывающих в первичном преобразователе деформацию или перемещение выходного элемента, к которым чувствителен вторичный преобразователь.

Так, например, растягивающее усилие F , действуя на стержень длиной l с поперечным сечением s и модулем Юнга Y , вызывает его деформацию, которую можно измерить по изменению сопротивления резистивного преобразователя R , сочлененного со стержнем через механизм передачи.

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{Y} \frac{F}{s}$$

Зная соотношение для первичного преобразователя, связывающее его входную величину – деформацию - с реакцией на входе, т.е.

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l},$$

Где K – коэффициент вторичного преобразования, можно вывести окончательную формулу, связывающую растягивающее усилие с изменением сопротивления, для преобразователя в целом:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{K F}{Y s}.$$

1.5 Влияющие величины

Преобразователь в определенных условиях эксплуатации может подвергаться воздействию не только измеряемой величины, но в других физических величин, именуемых влияющими, к которым чувствителен преобразователь.

Вариации этих паразитных воздействий могут привести к изменениям выходного электрического сигнала преобразователя и появлению соответствующей погрешности преобразования.

Основные физические величины, влияющие на погрешность преобразователя:

- Температура, под ее действием изменяются электрические и механические характеристики преобразователя.
- Давление, ускорение и вибрации вызывают в определенных элементах преобразователей деформации напряжения, изменяющие их чувствительность.
- Изменение параметров напряжения питания - его амплитуда и частоты.


Основные физические величины, влияющие на погрешность преобразователя:

- **Влажность** вызывает изменение определенных электрических характеристик элементов, вследствие чего возникает опасность нарушения электрической изоляции между отдельными элементами преобразователя.
- **Магнитное поле** постоянное или переменное, индуцирующее в проводниках ЭДС, которая накладывается на полный сигнал, и измеряющее электрические характеристики некоторых чувствительных элементов,

1.6 Измерительные цепи преобразователей

Простейшая измерительная цепь состоит из измерительного преобразователя и устройства обработки сигнала, связанного с устройством отображения результата преобразования.

Например: термопара с вольтметром, преобразователь напряжения в измерительной мостовой цепи с гальванометром или вольтметром в диагонали мостовой измерительной цепи в качестве индикатора. Градуировка всей измерительной цепи позволяет каждому значению измеряемой величины однозначно приписать соответствующее показание индикатора.



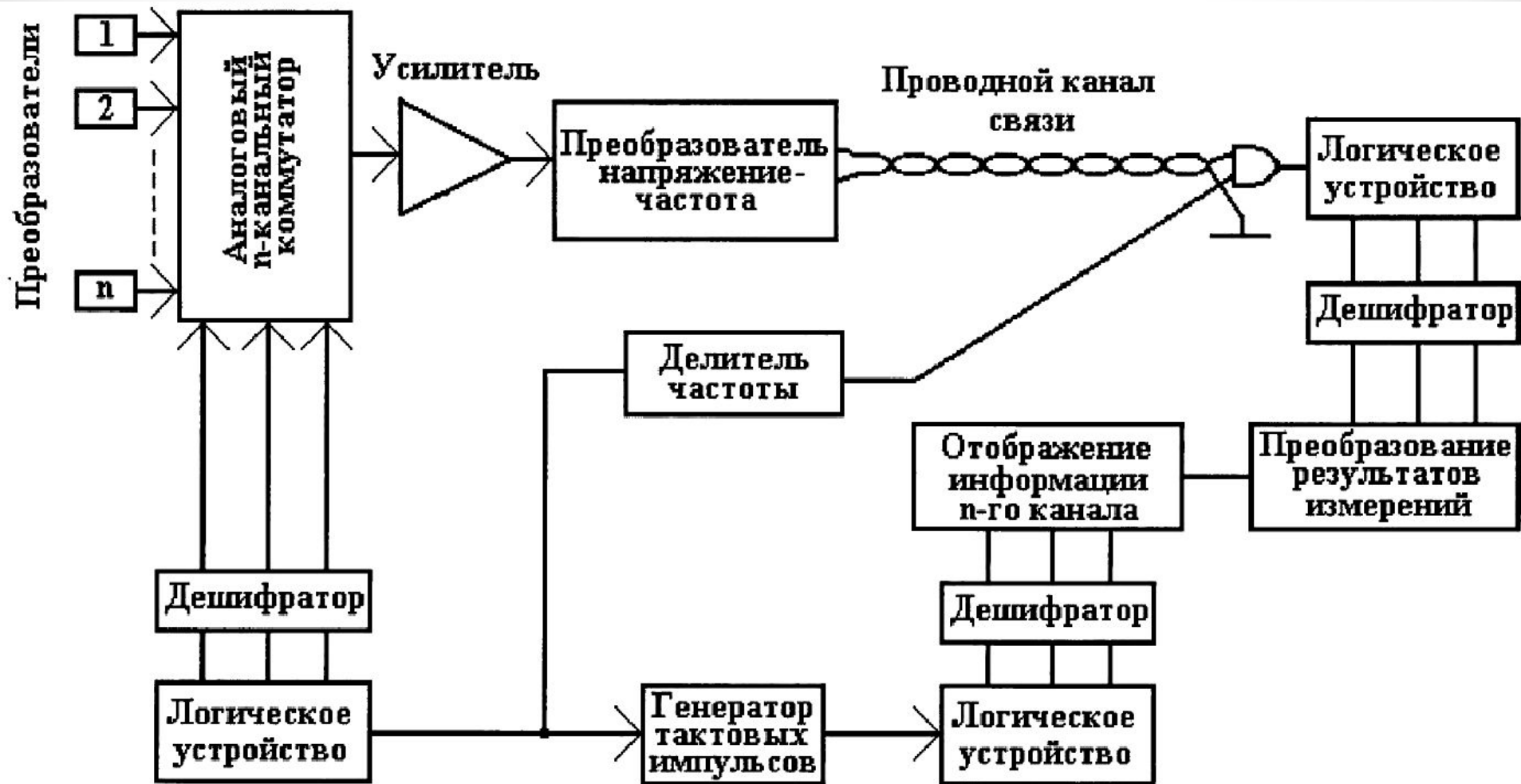
При измерениях ИП включаются в электрическую измерительную цепь (ИЦ), вид которой определяется методом измерения и типом преобразователя. В зависимости от метода измерения различают цепи прямого и уравнивающего преобразования.

ИЦ прямого преобразования более просты, надежны и имеют сравнительно высокое быстродействие.

Цепи уравнивающего преобразования сложнее, характеризуются более низким быстродействием, но имеют меньшие погрешности и более широкий рабочий диапазон. По типу преобразователя различают цепи для генераторных и параметрических преобразователей. Последние, в свою очередь, включают три разновидности:

- последовательного включения;
- делительные (потенциометрические);
- мостовые.

Телеизмерительная система с преобразованием напряжения в частоту и передачей сигнала по двухпроводной линии.



2 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

2.1 Основные технические характеристики

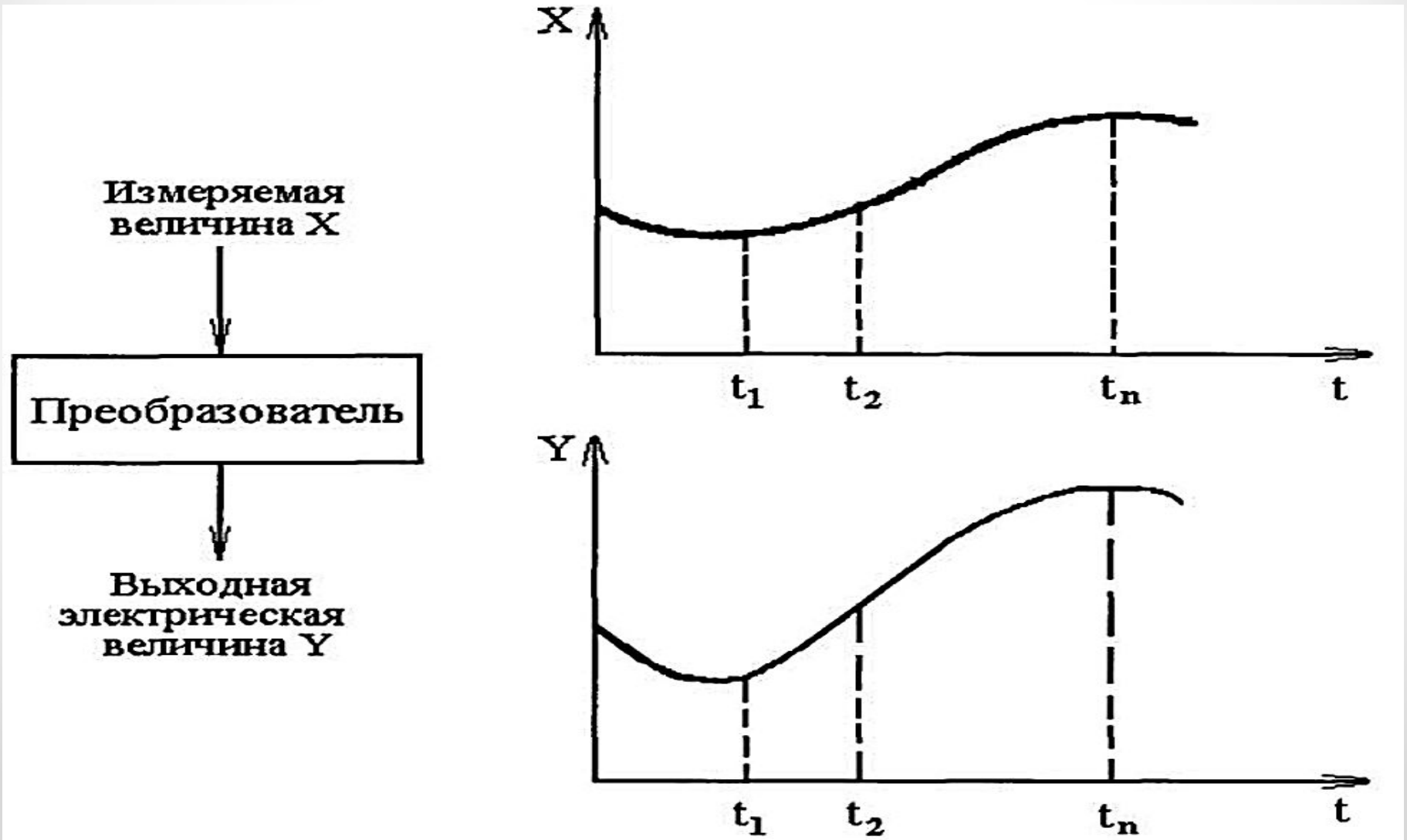
Физическая величина X , характеризующая объект измерений (температура, давление, линейное или угловое перемещение и др.), называется измеряемой величиной.

Процесс измерения - совокупность операций, направленных на установление численного значения физической величины.

Преобразователь - это устройство, которое, подвергаясь воздействию физической величины, выдает эквивалентный сигнал, обычно электрической природы (заряд, ток, напряжение или комплексное сопротивление), являющийся функцией измеряемой величины:

где Y - выходная электрическая величина преобразователя, а X - входная величина

Пример изменения во времени измеряемой величины X и соответствующей реакции Y преобразователя



Функция преобразования (ФП) - это функциональная зависимость выходной величины измерительного преобразователя от входной, описываемая аналитическим выражением, в виде таблиц или графически.

В аналитически задаваемую функцию преобразования обычно входят конструктивные параметры преобразователя (датчика). Измерив значение выходного сигнала Y преобразователя, можно определить тем самым значение входной величины X .

Соотношение $Y = F(X)$ выражает в общей теоретической форме физические законы, положенные в основу работы преобразователей.

Для всех преобразователей функция преобразования $Y = F(X)$ в численной форме определяется экспериментально в результате градуировки. В этом случае для ряда точно известных значений X измеряют соответствующие значения Y , что позволяет построить градуированную кривую. Из этой кривой для всех полученных в результате измерения значений Y можно найти соответствующие значения искомой величины X .

Градуировочные характеристики преобразователя

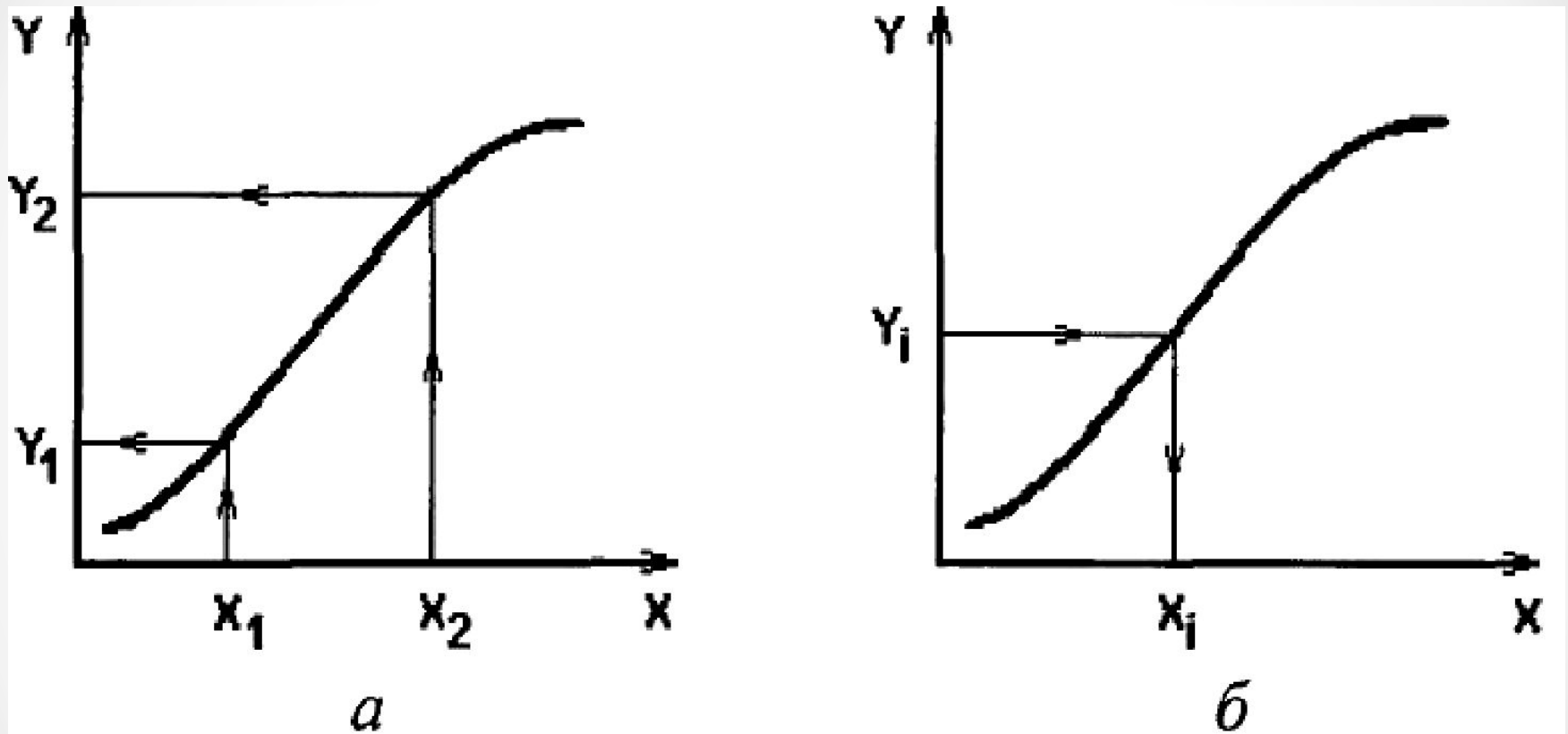


Рисунок 3. Градуировочные характеристики преобразователя: а – получение градуировочной кривой по известным значениям измеряемой величины X ; б – использование градуировочной кривой для определения X .

Чаще всего стремятся функцию преобразования сделать линейной, т.е. установить прямую пропорциональность между изменением входной величины Y и соответствующим приращением выходной величины X преобразователя.

Для описания линейной функции преобразования $Y = F(X) = Y_0 + S\Delta X$ достаточно двух параметров: начального значения выходной величины Y_0 (нулевого уровня), соответствующего нулевому (или какому-либо другому характерному) значению входной величины X , и показателя относительного наклона характеристики $S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$, называемого чувствительностью преобразователя.

Чувствительность преобразователя – это отношение изменения выходной величины измерительного преобразователя к вызывающему ее изменению входной величины.

Важнейшей проблемой при проектировании и использовании преобразователя является обеспечение постоянства чувствительности, которая должна как можно меньше зависеть от значений X и частоты их изменений, от времени и от воздействия других физических величин, характеризующих не сам объект, а его окружение (они называются влияющими на результаты измерений величинами).

Однако чувствительность каждого преобразователя постоянна только на определенном участке функции преобразования, который ограничивается с одной стороны пределом преобразования, а с другой - порогом чувствительности.

Предел преобразования преобразователя - это максимальное значение входной величины, которое еще может быть им воспринято без искажения и без повреждения преобразователя.

Порог чувствительности - это минимальное изменение значения входной величины, способное вызвать заметное изменение выходной величины преобразователя.

Значение порога чувствительности принято определять равным половине полосы неоднозначности функции преобразования при малых значениях входной величины. При нелинейной функции преобразования чувствительность зависит от значения входной величины.

2.2 Погрешности измерительных преобразователей

Важной характеристикой любого измерительного преобразователя является его основная погрешность, которая может быть обусловлена принципом действия, несовершенством конструкции или технологии его изготовления и проявляется при нормальных значениях влияющих величин или нахождении их в пределах нормальной области.

Основная погрешность измерительного преобразователя имеет несколько составляющих, обусловленных:

- неточностью образцовых средств измерений, с помощью которых проводилось определение функции преобразования;
- отличием реальной градуировочной характеристики от номинальной функции преобразования;
- приближенным (табличным, графическим, аналитическим) выражением функции преобразования;
- неполным совпадением функции преобразования при возрастании и убывании измеряемой неэлектрической величины (гистерезис функции преобразования);
- неполной воспроизводимостью характеристик измерительного преобразователя (чаще всего чувствительности).

При градуировке серии однотипных преобразователей оказывается, что их характеристики несколько отличаются друг от друга, занимая некоторую полосу. Поэтому в паспорте измерительного преобразователя приводится некоторая средняя характеристика, называемая **номинальной**.

Разности между номинальной (паспортной) и реальной характеристиками преобразователя рассматриваются как его погрешности.

Погрешности измерительных преобразователей в целом аналогичны погрешностям СИ электрических величин.

По характеру поведения во времени погрешности бывают :

- **систематические;**
- **случайные;**
- **грубые.**

В зависимости от условий эксплуатации – Основные (для нормальных условий эксплуатации) и дополнительные (при выходе влияющих величин за пределы нормальных областей)

В зависимости от скорости изменения измеряемой величины различают :

- **статические** (не зависят от скорости изменения);
- **динамические** (зависят и равны нулю при равной нулю скорости).

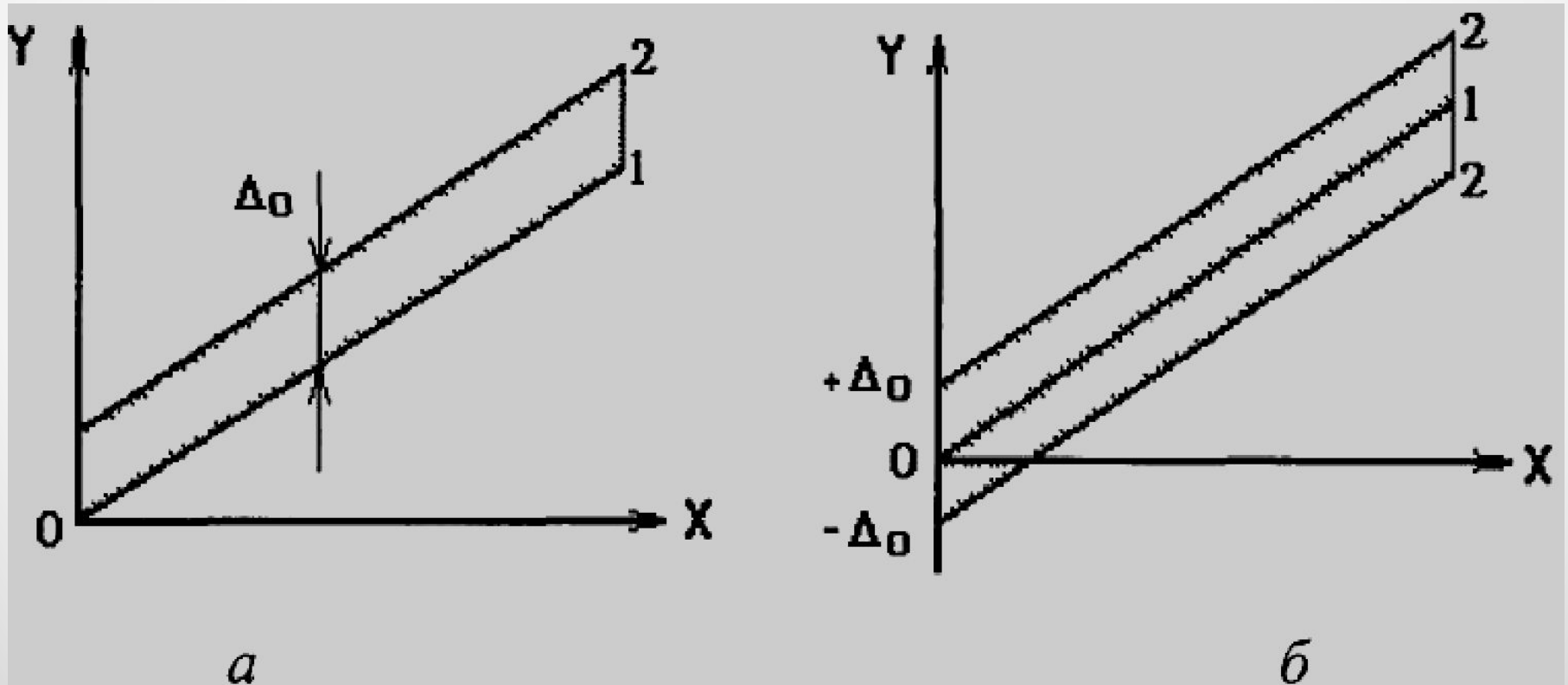
По характеру зависимости погрешностей от преобразуемой величины X , проявляющиеся в искажении характера функции преобразования:

- **аддитивные**(погрешности смещения нуля) их значение не зависит от преобразуемой физической величины ;
- **мультипликативные** (погрешности чувствительности).

Аддитивные (погрешности смещения нуля), их значение не зависит от преобразуемой физической величины.

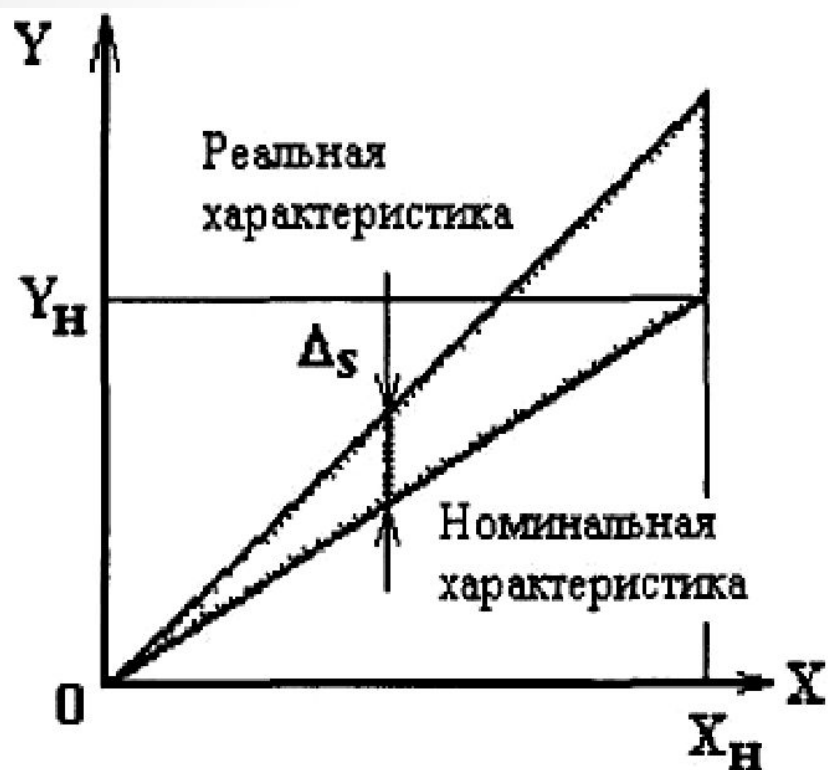
Погрешность нуля может быть как **систематической**, так и **случайной**. В первом случае ее можно компенсировать путем введения в прибор специальной регулировки для установки нуля. Во втором случае скорректировать ее нельзя и ФП смещается случайным образом параллельно самой себе, образуя постоянную полосу погрешностей.

Характеристики воздействия аддитивной погрешности на функцию преобразования

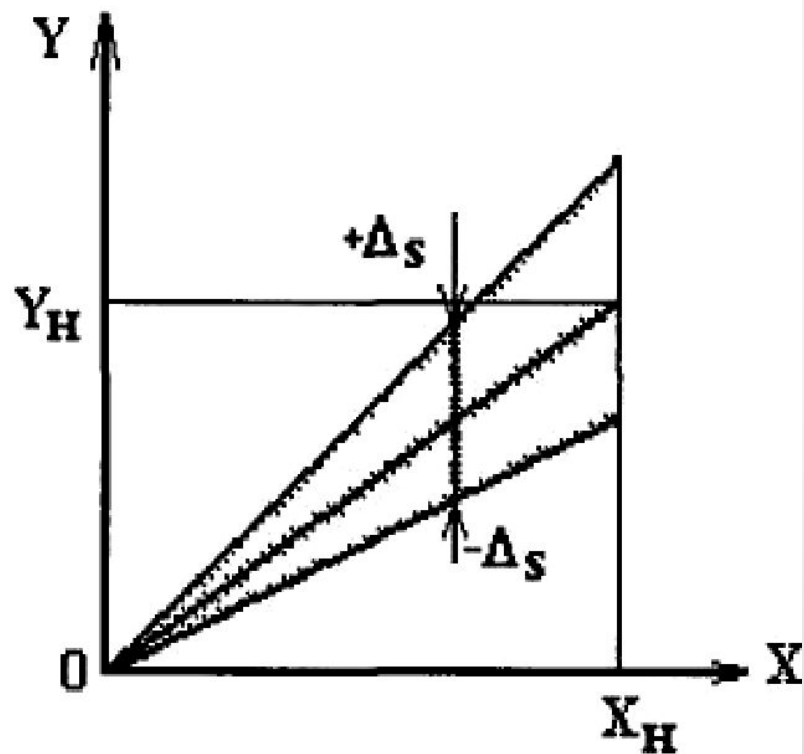


Мультипликативными (погрешности чувствительности) называются погрешности, пропорциональные значениям преобразуемой величины. При этом изменяется крутизна функции преобразования, т.е. чувствительность и реальная характеристика преобразователя 2 отличаются от номинальной 1.

Характеристики воздействия мультипликативной погрешности на функцию преобразования



a



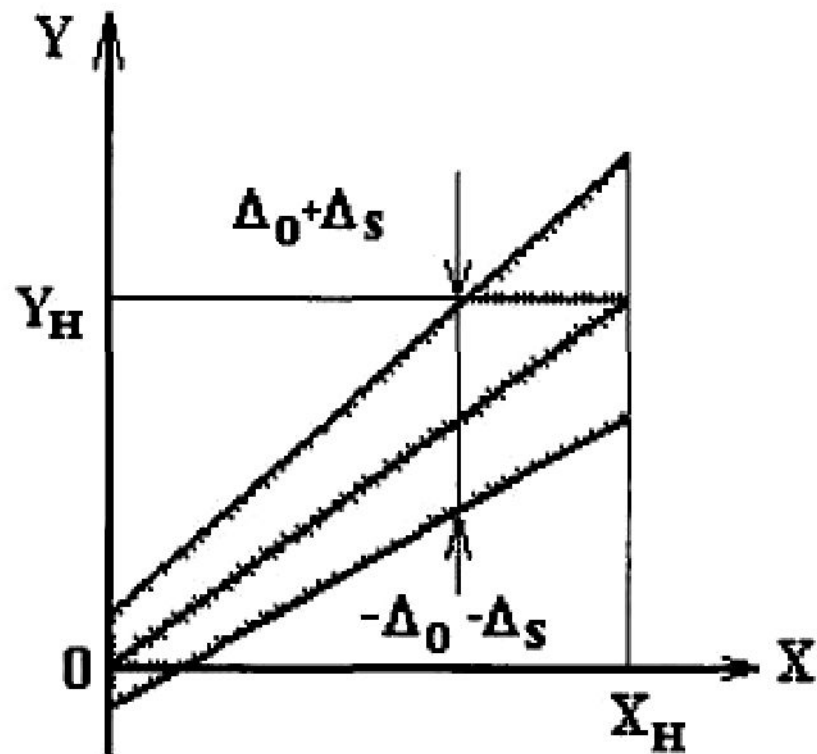
б

В большинстве реальных преобразователей аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности присутствуют одновременно. При обработке результатов аддитивные и мультипликативные составляющие погрешности суммируются геометрически как некоррелированные составляющие.

Характеристики одновременного воздействия аддитивной и мультипликативной погрешностей на функцию преобразования



a



б

Для дискретных ИП (например, реостатные проволочные) характерна еще одна разновидность - **погрешность квантования**.

Эта погрешность возникает во всех дискретных устройствах, в том числе в цифровых измерительных преобразователях.

Аналогично СИ электрических величин погрешности СИ неэлектрических величин могут быть представлены в виде:

- **абсолютной;**
- **относительной или приведенной.**

Порог чувствительности - значение преобразуемой (измеряемой) величины X_0 , численно равное значению аддитивной погрешности.

Таким образом, порог чувствительности определяется погрешностью смещения нуля и ограничивается, как правило, собственными шумами преобразователя.

Предел преобразования (предел измерения) X_k , то есть максимальное значение входной величины, которое может преобразовать ИП без существенных искажений.

Интервал значений от X_0 до X_k , в котором погрешность не превышает 10%, называется **полным диапазоном преобразования** данного СИ.

В полном диапазоне проводить измерения нецелесообразно, так как на его краях абсолютная погрешность измерения достигает 100 %, т.е. результат измерения не определен. Поэтому вводится понятие **рабочий диапазон преобразований (измерений)**, в пределах которого удовлетворяются заданные требования к точности.

Таким образом, верхний предел рабочего диапазона определяется мультипликативной составляющей погрешности.

Вопросы для самоконтроля усвоения знаний

1. Охарактеризуйте существующие подходы к рассмотрению понятия информационно-измерительная система.
2. На что указывает двойное название по отношению к информационно-измерительным системам?
3. Проанализируйте особенности двух этапов в развитии измерительных систем.
4. Поясните, как измерительные функции в информационно-измерительных системах связаны с функциями анализа результатов измерений и их логической обработки.
5. Что является наиболее крупной структурной единицей информационно-измерительных систем?
6. Дайте определение, что такое измерительный канал, охарактеризуйте его структуру.
7. В чем заключается сложность в осуществлении государственного метрологического контроля и надзора по отношению к информационно-измерительным системам?
8. 8. Как подразделяются информационно-измерительные системы
9. а) по области применения?
0. б) по способу комплектования?
1. в) по структурным признакам?
2. 9. Охарактеризуйте особенности компонентов информационно измерительных систем.
3. 10. Проанализируйте, какие проблемы в области метрологического обеспечения возникают в связи с основными особенностями информационно-измерительных систем.