

1. ИЗМЕРЕНИЕ КАК ПРОЦЕСС ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Измерение в общем случае можно рассматривать как процесс получения количественной информации о значении физической величины. Такой подход позволяет рассматривать конкретные процедуры и средства измерений (СИ) на основе информационного подхода.

Процедура измерений осуществляется с помощью специальных технических средств, которые называются средствами измерений (СИ). По функциональному назначению СИ предназначены для выработки сигналов (показаний), несущих информацию о значениях физических величин (сигналов измерительной информации).

В СИ передача, хранение и отображение информации о значениях измеряемых величин осуществляются с помощью сигналов, которые называют *сигналами измерительной информации*. Сигнал как материальный носитель информации представляет собой некоторый физический процесс, один из параметров которого функционально связан с измеряемой величиной.

Параметр сигнала, функционально связанный с измеряемой величиной, называют *информативным параметром*, а остальные параметры сигнала называют *неинформативными*.

В электрических средствах измерений наиболее часто применяют электрические сигналы, информативными параметрами которых могут быть мгновенные значения постоянных токов и напряжений, амплитудные, средневыпрямленные или действующие значения синусоидальных токов и напряжений, а также их частота или фаза и др.

1.1. Виды сигналов измерительной информации

Существует множество различных видов сигналов. Важным классификационным признаком сигналов является характер их изменения во времени и по уровню (по информативному параметру). По этому признаку различают непрерывные, или аналоговые, и дискретные сигналы.

Аналоговый по информативному параметру сигнал принимает любое значение в заданном диапазоне.

Дискретный по времени сигнал имеет значения только в определенные моменты времени и представлен своими отсчетами $x(t_i)$ моменты времени t_i .

Дискретные по уровню сигналы называют также *квантованными сигналами*, которые представлены рядом фиксированных значений в заданном диапазоне.

Сигналы дискретные по времени и по уровню представлены кодом и их называют *цифровыми сигналами*.

Виды сигналов измерительной информации приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Виды сигналов измерительной информации	Вид сигнала	Представление сигнала
	Исходный сигнал $x(t)$	$x(t)$
	Аналоговый по информативному параметру и непрерывный по времени $y(t)$	$y(t) = kx(t)$
	Аналоговый по информативному параметру и дискретный по времени $y(t)$	$y(t_i) = \{kx(t_i)\}$
	Аналоговый по информативному параметру и дискретный по времени	$y(t_j) = kx_j(t)$
	Дискретный по времени и квантованный по уровню	$y_j(t_i) = \{kx_j(t_i)\}$



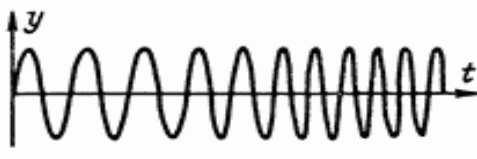
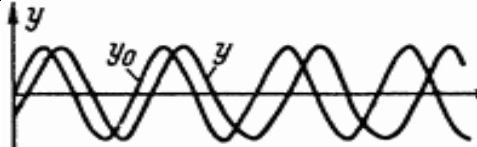
В технике широко в качестве сигналов измерительной информации применяются *гармонические сигналы*

$$y(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$$

в которых информативными параметрами могут быть амплитуда A , частота f или фаза φ . Изменение информативного параметра гармонического сигнала в соответствии с изменением измеряемой величины x называют модуляцией этого сигнала (см. табл. 1.2).

Если с изменением x в гармоническом сигнале меняется один из параметров A , ω или φ , то говорят, что осуществляется соответственно амплитудная, частотная или фазовая модуляция. При фазовой модуляции фаза сигнала определяется относительно второго (опорного) гармонического сигнала y_0 .

Таблица 1.2

Виды модуляции	Информативный параметр	Неинформативные параметры
	Исходный сигнал $x(t)$	
	Амплитудная $A = F(x)$	$f; \varphi$
	Частотная $f = F(x)$	$A; \varphi$
	Фазовая $\varphi = F(x)$	$A; f;$

1.2. Виды измерительных преобразований

При прохождении сигналов измерительной информации в СИ сигналы преобразуются из одного вида в другой, более удобный для последующей передачи, хранения, обработки или восприятия оператором.

В общем случае СИ можно представить в виде структурной схемы, элементами которой являются звенья, которые осуществляют определенное измерительное преобразование и связи между ними.

Для иллюстрации таких преобразований на рис. 1.1 приведен пример структурной схемы прибора, предназначенного для измерения температуры.

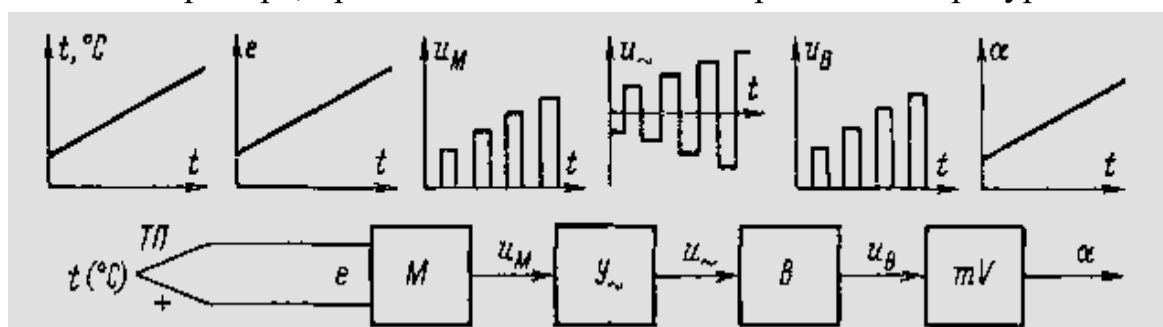


Рисунок 1.1

На выходе термопары $ТП$ возникает сигнал измерительной информации – термоЭДС e , которая зависит от измеряемой температуры $T(^{\circ}\text{C})$. Этот сигнал преобразуется модулятором M в прямоугольные импульсы напряжения u_M , амплитуда которых пропорциональна термоЭДС. Переменная составляющая сигнала u_M

усиливается усилителем V переменного тока и преобразуется в однополярные импульсы u_b выпрямителем B . Выходной сигнал выпрямителя подается на милливольтметр mV , вызывая отклонение его указателя на некоторый угол.

В данной схеме сигналы e , u_m , u_v , u_b – есть сигналы измерительной информации. Измеряемую величину – температуру в рассматриваемом примере называют входным сигналом для первичного измерительного преобразователя.

В общем случае структурную схему СИ можно представить в виде структурной схемы, приведенной на рис. 1.2.

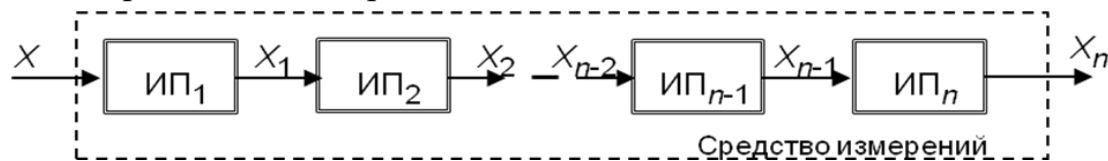


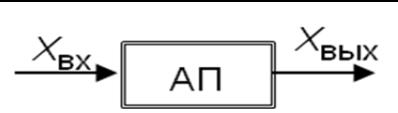


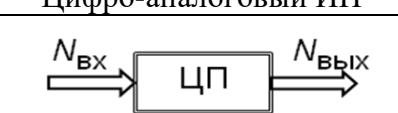
Рисунок 1.2.

Структурная схема включает ряд звеньев – измерительных преобразователей (ИП), каждый из которых осуществляет определенное измерительное преобразование.

Основной характеристикой ИП является *статическая функция преобразования*, которая выражает зависимость между информативными параметрами входного и выходного сигналов.

В зависимости от вида входной и выходной величины отдельного ИП их можно разделить на следующие виды, приведенные в табл.1.3.

Таблица 1.3

Измерительный преобразователь (ИП)	Входной сигнал	Выходной сигнал	Функция преобразования
 Аналоговый ИП	Аналоговый	Аналоговый	$X_{\text{вых}} = F(X_{\text{вх}})$
 Аналого-цифровой ИП	Аналоговый	Цифровой (код)	$N = F(X)$
 Цифро-аналоговый ИП	Цифровой (код)	Аналоговый	$X = F(N)$
 Цифровой ИП	Цифровой (код)	Цифровой (код)	$N_{\text{вых}} = F(N_{\text{вх}})$

Особое значение в СИ имеет аналого-цифровое преобразование, которое позволяет обрабатывать, передавать, хранить отображать результаты измерений с помощью информационных технологий.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Средство измерений (СИ) – 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. Ключевой признак в определении СИ – наличие нормированных метрологических характеристик.

Средство измерений (СИ) реализует в той или иной форме процедуру сравнения измеряемой или воспроизводимой величины с мерой.

По функциональному назначению СИ предназначены для выработки сигналов (показаний), несущих информацию о значениях физических величин (сигналов измерительной информации), или воспроизведения физических величин заданного размера

Существует огромное количество различных средств измерений. По роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений, выделяют:

- образцовые СИ (эталоны);
- рабочие СИ.

Образцовые СИ предназначены для метрологических целей: воспроизведения физических величин заданного размера, хранения и передачи их рабочим средствам. Образцовые средства относительно малочисленны и ими, в основном, занимаются в соответствующих научно-исследовательских институтах.

Рабочее средство измерений – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений. Рабочие СИ широко используются в научных экспериментах и технических испытаниях, не связанных с метрологическими задачами. Рабочие СИ составляют основной парк средств измерений.

В зависимости от функционального назначения рабочих СИ различают (см. рис. 2.1):



Рисунок 2.1

Меры – СИ, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Мерами называют средства измерений, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

По назначению меры делят на образцовые и рабочие. Меры, утвержденные в качестве образцовых, (их часто называют рабочие эталоны) предназначаются для поверки и градуировки рабочих средств измерений. Рабочие меры служат для измерений.

По точности воспроизведения физической величины образцовые меры бывают 1, 2 и 3-го разрядов, причем наименьшая погрешность воспроизведения у меры 1-го разряда. По допускаемой погрешности воспроизведения значения физической величины рабочие меры относят к разным классам точности.

Различают следующие разновидности мер: однозначные меры, многозначные меры, магазины мер и наборы мер.

Однозначные меры. Однозначные меры воспроизводят физическую величину одного размера. К ним относятся однозначные меры сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, емкости, ЭДС (напряжения).

Многозначные меры. Многозначные меры воспроизводят физическую величину разных размеров. К ним относят измерительные генераторы, калибраторы напряжения, тока и фазового сдвига, измерительные конденсаторы переменной емкости и вариометры – меры переменной индуктивности.

Измерительные генераторы. Измерительные генераторы – это источники переменного тока и напряжения, форма которых заранее известна, а частота, амплитуда и некоторые другие параметры могут регулироваться в определенных пределах и отсчитываться с гарантированной точностью. По форме выходного сигнала они делятся на генераторы синусоидальных сигналов (от сотых долей герца до 10^{10} Гц), шумовых сигналов, импульсных сигналов и сигналов специальной формы.

Калибраторы. Калибраторы напряжения и тока – это стабилизированные источники напряжения или тока, дающие возможность получать на их выходе ряд калиброванных, т. е. точно известных значений сигналов. Промышленность выпускает калибраторы постоянного и переменного тока и напряжения. Некоторые

калибраторы снабжаются управляющим устройством, позволяющим использовать их в составе автоматизированных поверочных устройств.

Магазины мер. Магазины мер – это наборы мер, конструктивно объединенных в единое устройство, имеющее приспособления для их соединения в различных комбинациях. Существуют магазины сопротивлений, емкости и индуктивности.

Измерительный преобразователь (ИП) – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации и передачи, не подлежащий непосредственному восприятию наблюдателя.

По характеру преобразования различают аналоговые, цифро-аналоговые, аналого-цифровые ИП.

По месту в измерительной цепи различают первичные и промежуточные ИП. На первичный ИП непосредственно действует измеряемая величина. Такие преобразователи называют датчиками, сенсорами.

Среди промежуточных ИП выделяют *нормализующие* ИП, которые преобразуют выходной сигнал датчиков в унифицированный сигнал, удобный для дальнейшего преобразования – постоянное напряжение или ток, частоту.

Выделяют также масштабные измерительные преобразователи. Примеры – измерительные усилители, дискретные делители напряжения, измерительные трансформаторы тока и т. д. Это достаточно распространенный вид средств измерений.

Все измерительные преобразователи подразделяют также на два больших подвида – измерительные преобразователи электрических величин в электрические и измерительные преобразователи неэлектрических величин в электрические, которые подробно будут рассмотрены в дальнейшем.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Измерительные приборы – довольно распространенный вид средств измерений. В этой связи измерительные приборы имеют свою довольно разветвленную классификационную структуру.

Так, по виду измеряемой величины измерительные приборы бывают амперметрами, вольтметрами, частотомерами и т. п.; по виду выходного сигнала – аналоговыми и цифровыми; по форме представления выходного сигнала – показывающие и регистрирующие; по конструктивным признакам – стационарные и переносные.

Более подробно электроизмерительные приборы будут рассмотрены в дальнейшем.

Электроизмерительная установка – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерения одной или нескольких физических величин и расположенная на одном месте. Типовым примером таких средств может служить поверочные установки. На таких установках проводится технологический цикл поверки какого-либо типа (или типов) приборов при их массовом производстве. Поскольку процедура поверки и необходимые средства для ее проведения заранее предписаны, применение установки существенно повышает эффективность проведения указанного технологического цикла.

Измерительная система (ИС) – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в различных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, соответствующих этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

ИС могут применяться как автономно, так и в составе различных комплексов, включающих в себя, кроме средств измерений и вычислительных устройств устройства автоматического управления, а в ряде случаев и устройства принятия решения о состоянии объекта исследования.

Особое место среди ИИС занимают автоматизированные системы научных исследований (АСНИ), предназначенные для экспериментальных исследований в науке и технике и для проведения комплексных испытаний различных объектов.

Для ИС вводится понятие *измерительного канала* – конструктивно или функционально выделяемая часть ИС, выполняющая законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерений, выражаемого числом или соответствующим ему кодом, или до получения аналогового сигнала, один из параметров которого функция измеряемой величины.

ИС, предназначенные для измерения нескольких величин называют *многоканальными*.

Создание и применение ИИС на данном этапе развития науки и техники связано с широким применением современных информационных технологий.

Информационная технология – совокупность средств и методов сбора, обработки, передачи, отображения данных (первичной информации) для получения

информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления (информационного продукта).

С учетом определения информационной технологии ИС можно представить как единую технологическую цепочку от измерения ряда физических величин (получения измерительной информации) до отображения полученных после обработки и хранения результатов (см. рис. 2.2).

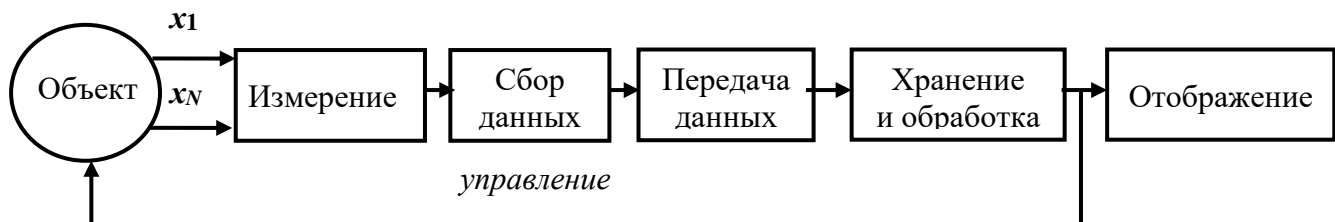


Рисунок 2.2

На вход ИС от объекта поступает множество величин $x_1 \dots x_N$, изменяющихся во времени и (или) распределенных в пространстве. На выходе ИС получают результаты измерений в виде именованных чисел или отношений измеряемых величин. Такие системы могут выполнять прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения. Наиболее распространены измерительные системы для прямых измерений.

По результатам измерений на основе их анализа может решаться задача контроля и управления объектов. Эта задача решается в измерительных контролируемых и измерительных управляющих системах.

Для построения ИС используется современное аппаратно-программное обеспечение и цифровое представление данных: микроэлектронная элементная база в виде АЦП и цифровых запоминающих устройств на основе БИС; устройств цифровой обработки данных на основе микроконтроллеров; устройств отображения на основе ЖК мониторов и т. д.

В зависимости от назначения ИС разделяют на измерительные информационные, измерительные контролируемые, измерительные управляющие. Также различают ИИС ближнего действия и ИС дальнего действия – телеизмерительные системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов /Б.Я. Авдеев, В.В. Алексеев, Е.М. Антонюк и др. Под редакцией В.В. Алексеева. М.: Академия, 2007.

2. Росстандарт. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. <http://www.fundmetrology.ru>.