

## РАЗДЕЛ 2. Измерение электрического тока, напряжения и мощности

### 2.1 Общие вопросы электрических измерений. Измерительные приборы для измерения тока и напряжения

#### **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЙ**

1. Большое число физических величин, параметров и характеристик, которые не встречаются в других областях измерения.

2. Широкие пределы значений измеряемых параметров и характеристик:

- мощность от  $10^{-17}$  до  $10^8$  Вт,
- напряжение от  $10^{-7}$  до  $10^6$  В,
- частота от  $10^{-2}$  Гц до  $10^{12}$  Гц,
- активное сопротивление  $10^{-6}$  до  $10^{12}$  Ом.

3. Физические величины, параметры и характеристики могут измеряться в широком диапазоне частот (от частот постоянного тока до сотен ГГц), поэтому в зависимости от диапазона частот может изменяться метод измерения, вид колебательной системы и конструкция измерительного прибора.

4. Электрорадиоизмерительная аппаратура, используемая в радиоэлектронике, имеет высокие входные и выходные сопротивления (порядка кОм, МОм), поэтому приходится иметь дело с высокоомными цепями.

#### Общие требования к средствам измерений:

1) Требования безопасности.

2) Технические требования:

- требования к нормируемым метрологическим характеристикам;
- условиям применения средства измерения (нормальные и рабочие);
- требованиям к сопротивлению входных и выходных цепей;
- время установления рабочего режима и продолжительность непрерывной работы;
- электрическая прочность, сопротивление изоляции;
- надежности средства измерения.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Какие требования предъявляются к средствам измерений?
2. Особенности электрорадиоизмерений.

#### **КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

1. В зависимости от метода измерения:

1.1 **приборы непосредственной оценки**, показывающие цифровое значение измеряемой величины;

1.2 **приборы сравнения**.

2. От способа выдачи результатов измерения:

2.1 **показывающие** (с визуальным отсчетом);

2.2 **регистрирующие** (самопишущие и печатающие);

2.3. **интегрирующие** (суммируют значения за промежутки времени).

3. По принципу действия:

3.1. **электромеханические** (магнитоэлектрические, электромагнитные, электростатические, электродинамические).

3.2. **электронные** (аналоговые и цифровые).

*Аналоговый измерительный прибор* - средство измерения, показания которого являются непрерывной функцией измеряемой величины. Они делятся на четыре группы:

- приборы для измерения параметров и характеристик сигналов (осциллографы, вольтметры, частотомеры, анализаторы спектра);
- приборы для измерения параметров и характеристик активных и пассивных элементов электрических схем;
- измерительные генераторы;
- элементы измерительных схем (фазовращатели, преобразователи, аттенюаторы).

*Цифровым измерительным прибором* называется средство измерения, автоматически вырабатывающее дискретные сигналы измерительной информации, показания которого представлены в цифровой форме.

4. От назначения (по типу измеряемой величины) на 20 основных групп:

**А** – амперметры

**В** – вольтметры

**Г** – генераторы

**Е** – приборы для измерения параметров цепей с сосредоточенными постоянными

**Л** – приборы, предназначенные для проверки работоспособности и измерения параметров диодов, транзисторов и микросхем

**М** – приборы для измерения мощности

**Ф** – фазометры

**Ч** – частотомеры

**Р** – приборы для измерения параметров цепей с распределенными постоянными






**С** – приборы для наблюдения и исследования формы сигналов и спектров

Вопросы для самопроверки:

1. Классификационные признаки электрорадиоизмерительных приборов.
2. Виды приборов в зависимости от выдачи результата измерений.
3. Группы приборов по типу измеряемой величины.
4. Классификация приборов по принципу действия.

**ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ.  
ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ**

СТАНДАРТ СТ СЭВ 2830 80  
ГОСТ 1.729 - 68

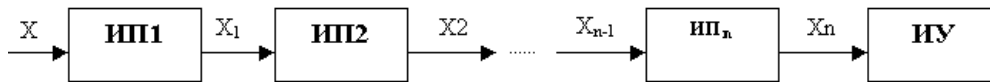
Наименование	Обозначение
Прибор электр. измерительный показывающий	
Прибор электр. измерительный регистрирующий	
Прибор электр. измерительный интегрирующий	
Амперметр	A
Вольтметр	V
Вольтметр двойной	
Вольтметр дифференциальный	$\Delta V$
Вольтамперметр	VA
Ваттметр	W
Ваттметр суммирующий	$\Sigma W$
Микроамперметр	$\mu A$
Миллиамперметр	mA
Милливольтметр	mV
Омметр	$\Omega$
Мегомметр	M $\Omega$
Частотомер	Hz
Измеритель фазового сдвига	$\phi$
Прибор с цифровым отсчетом	<u>000</u>
Осциллограф	

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основные методы измерений – метод прямого преобразования и сравнения реализуются на практике с помощью:

### 1) Измерительных приборов прямого преобразования

В них предусмотрено одно или несколько преобразований сигнала измерительной информации в одном направлении, то есть без применения обратной связи. Входной сигнал  $X$  последовательно преобразуется в первичном и промежуточных преобразователях в выходной сигнал  $X_n$ , воздействующий на измерительное устройство.



ИП – измерительные преобразователи,

ИУ – измерительное устройство, тип которого определяется принадлежностью прибора к той или иной классификационной группе (аналоговый или цифровой, показывающий или регистрирующий).

Рисунок 1 – Структурная схема приборов прямого преобразования

## 2) Измерительных приборов сравнения

Предназначены для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно. Известная величина воспроизводится с помощью меры или набора мер. Схема сравнения (рисунок 2) осуществляет сравнение входного сигнала ( $X$ ) с сигналом, поступающим от меры ( $X_M$ ). В результате сравнения  $X$  и  $X_M$  образуется разностный сигнал  $\Delta X$ , который по цепи прямого преобразования передается к измерительному устройству. С помощью цепи обратного преобразования обеспечивается изменение  $X_M$  и реализуется одна из модификаций метода сравнения (формула 1).

Пример. При нулевом методе добиваются нулевых показаний измерительного устройства, то есть компенсируют  $X$  и  $X_M$ ; при дифференциальном методе на измерительное устройство воздействует входной сигнал, определяемый  $\Delta X$ .

$$\Delta X = X - X_M \quad (1)$$

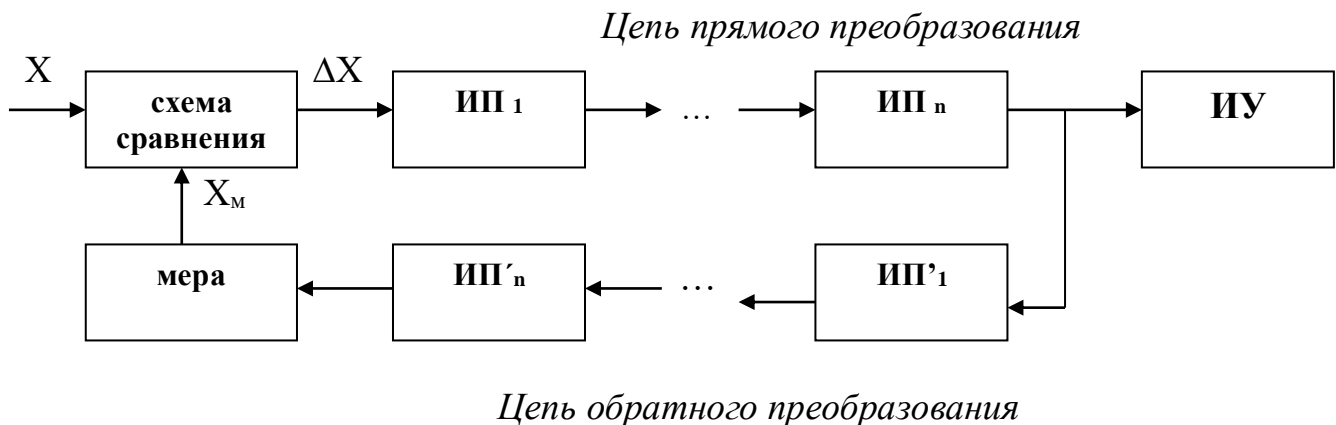


Рисунок 2 – Структурная схема измерительных приборов сравнения

Реальные электрорадиоизмерительные приборы могут иметь комбинированную схему и объединять как приборы прямого преобразования, так и приборы сравнения.

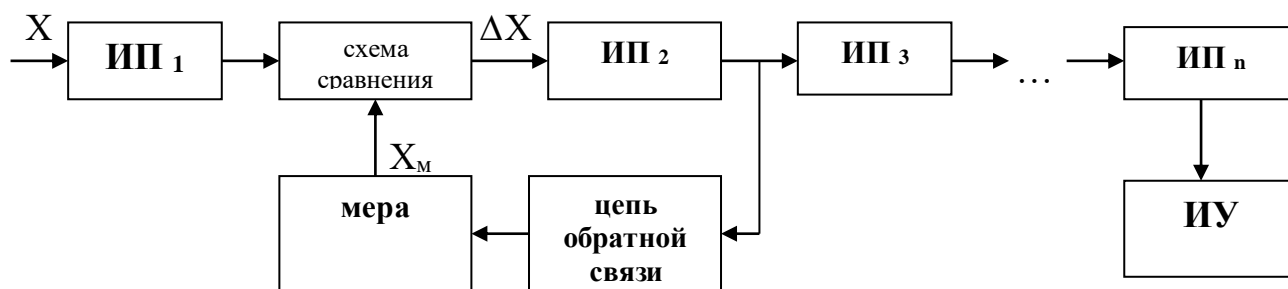


Рисунок 3 – Структурная схема реальных измерительных приборов

Вопросы для самопроверки:

1. Измерительные приборы прямого преобразования.
2. Измерительные приборы сравнения.
3. Комбинированные приборы.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**Технические.** Позволяют установить назначение, область применения, а также оценить эксплуатационные возможности средств измерения.

**Метрологические.** Оказывают влияние на результат и погрешность измерения.

Общие технические и метрологические характеристики средств измерения в нормативно-технической документации называются **параметрами средства измерения:**

1. Назначение (для измерения каких величин средство предназначено).
2. Область применения (диапазон и пределы измерений).
3. Характеристики погрешности (абсолютная, относительная, приведенная, а также основная и дополнительная)
4. Характеристики чувствительности:
  - 4.1 Порог чувствительности – это наименьшее изменение входной величины, способное вызвать заметное изменение показания прибора. Порог чувствительности фактически определяет разрешающую способность измерительного прибора.

4.2 Чувствительность – это способность прибора реагировать на изменение измеряемого значения (формула 2)

$$S = \Delta\alpha / \Delta x, \quad (2)$$

где  $\Delta\alpha$  – изменение положения указателя относительно шкалы;

$\Delta x$  – изменение измеряемого значения, вызвавшее перемещение указателя.

Размерность чувствительности зависит от характера измеряемого значения [дел/А]; [град/А].

4.3 Постоянная прибора (цена деления). Для приборов, градуированных в мм, ее значение обратно чувствительности (формула 3):

$$C = 1 / S \quad (3)$$

Цифровое значение измеряемого значения равно произведению числа делений, отсчитанных по шкале, на цену деления шкалы.

5. Входное сопротивление (входной импеданс) – сопротивление измерительного прибора со стороны его входных зажимов. Чтобы не влиять на измеряемую цепь, измерительные приборы должны иметь как можно большее активное входное сопротивление и возможно меньшую входную емкость.

6. Выходное сопротивление (выходной импеданс) – сопротивление измерительного прибора со стороны его выходных зажимов. Это сопротивление определяет допустимую нагрузку прибора при подключении.

7. Динамические характеристики определяют зависимость параметров выходного сигнала средства измерения от меняющихся во времени величин - параметров входного сигнала и нагрузки.

8. Надежность средства измерения – определяет свойство средства измерения выполнять заданные функции, сохраняя свои характеристики в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

9. Собственная потребляемая мощность от измеряемой цепи (чем меньше, тем точнее измерения).

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислить параметры средств измерения.
2. Чем характеризуется надежность средства измерения?
3. Характеристики чувствительности.
4. Что определяют динамические характеристики средств измерения?