

# Электроизмерительные устройства

Это устройства, служащие для измерения как электрических (тока, напряжения) и магнитных величин (магнитного потока), так и неэлектрических величин (температуры, давления и т.д.)

По типу отсчетного устройства ЭИУ различают:

## аналоговые



Отсчетное устройство размещено на подвижной части ЭИУ.

Измеряемая величина непосредственно действует на положение подвижной части.

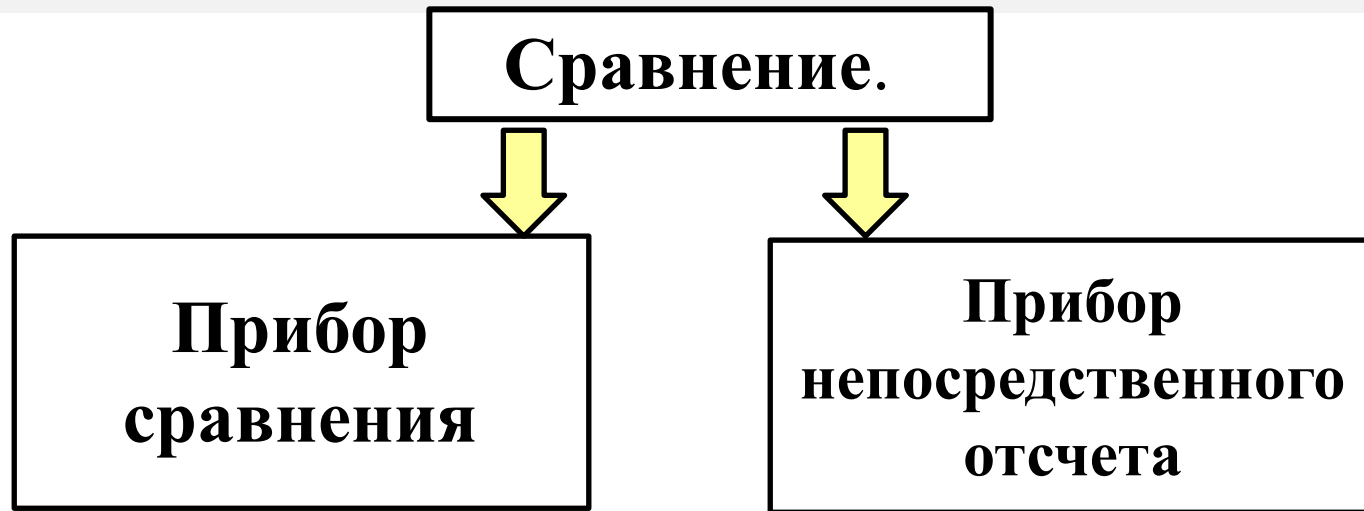
## цифровые



Подвижной части нет. Измеряемая величина преобразуется в цифровой эквивалент, регистрируемый цифровым индикатором.

# ИЗМЕРЕНИЯ

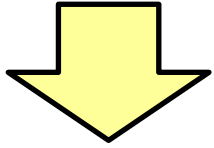
**Измерение** любой физической величины – это **сравнение** ее с принятым за единицу **значением** соответствующей физической величины, называемой **мерой**.



**Прибор непосредственного отсчета** называют **показывающим прибором**. Измеряемая величина определяется по шкале прибора. Для ее градуировки шкалы необходима **мера**.

# Классификация измерений

## по способу получения результатов измерения

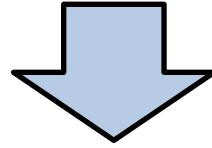


### Прямые

Результат измерения дает искомую величину.

**Пример.**

Амперметр показывает ток

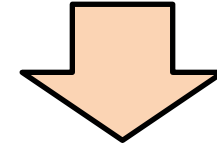


### Косвенные

Измеряются другие величины, связанные с искомой.

**Пример.**

Измерение  $R$  с помощью амперметра и вольтметра



### Совокупные

Результат измерения выводится из результатов нескольких групп прямых и косвенных измерений.

**Пример.**

Определение ТКЭС на основании измерений при различных температурах.

# Классификация измерений

по методу измерения

**Непосредственного  
измерения**

**Измеряемая  
величина  
определяется  
путем  
непосредственного  
отсчета показания  
ЭИУ.**

**Нулевой**

**Значение  
образцовой  
величины  
регулируется до  
равенства с  
измеряемой  
величиной,  
которое  
регистрируется  
ЭИУ (нуль-  
индикатором)**

**Дифференциальный**

**Измеряемая  
величина  
уравновешивается  
известной  
величиной не до  
полного  
равновесия, а  
разность  
измеряемой и  
известной величин  
измеряется  
путем прямого  
отсчета.**

# Погрешности измерения и классы точности

Точность измерения характеризуется его возможными погрешностями: абсолютной, относительной, приведенной

Абсолютная погрешность  $\Delta A$  - это разность между измеряемой величиной  $A_{из}$  и действительным  $A$  значением измеряемой величины:  $\Delta A = A_{из} - A$

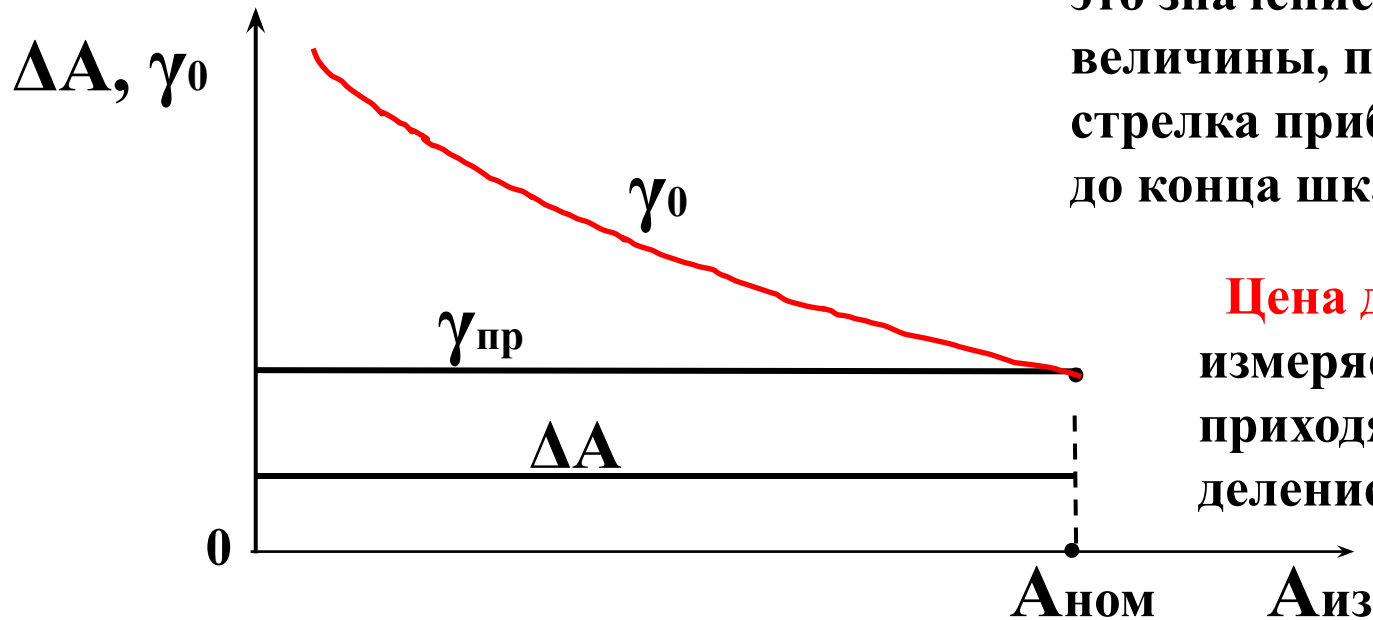
Относительная погрешность  $\gamma_0$  - это отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выраженное в процентах

$$\gamma_0 = (\Delta A / A) \cdot 100\%$$

Приведенная погрешность  $\gamma_{пр}$  - это отношение абсолютной погрешности к номинальному значению, соответствующему наибольшему показанию ЭИУ, выраженное в процентах

$$\gamma_{пр} = (\Delta A / A_{ном}) \cdot 100\%$$

# Зависимость погрешностей от измеряемой величины



**Предел измерения** прибора - это значение измеряемой величины, при котором стрелка прибора отклоняется до конца шкалы.

**Цена деления** – значение измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы.

При постоянной абсолютной погрешности  $\Delta A$  с уменьшением измеряемой величины  $A_{из}$  быстро растет относительная погрешность  $\gamma_0$ .

Пределы измерения показывающего прибора со стрелочным указателем выбирают так, чтобы отсчитывать показания прибора в пределах второй половины шкалы, ближе к ее концу

# Зависимость погрешностей от измеряемой величины



**В каком диапазоне измеряемых величин относительная погрешность будет меньше ?**

# Погрешности измерения и классы точности

**Основная погрешность – это приведенная погрешность, зависящая только от самого ЭИУ.**

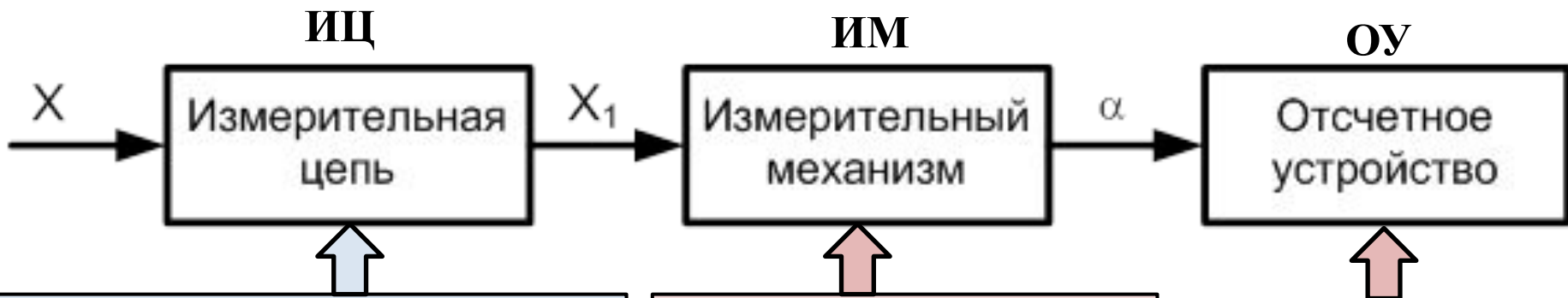
**Допускаемая основная погрешность ЭИУ определяет его класс точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4.**

**Пример. Класс точности 0,5 означает, что основная погрешность ЭИУ на всех делениях шкалы не превышает 0,5%.**

**Погрешность измерения в пределах, установленных классом точности, допускается при нормальных рабочих условиях: температура окружающей среды  $20^0$  С, указанное на ЭИУ положение прибора, отсутствие вблизи внешних магнитных полей и ферромагнитных масс и прочее.**

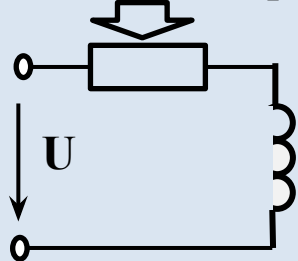


# Устройство показывающих приборов



**ИЦ преобразует измеряемую величину  $X$  в электрическую величину  $X_1$ , непосредственно воздействующую на измерительный механизм. *Пример:***

Добавочный резистор



Катушка измерительного механизма

**ИМ состоит из неподвижной и подвижной частей. В ИМ электромагнитная энергия преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части.**

**ОУ - для визуального отсчитывания значений измеряемой величины. Состоит из шкалы и указателя.**

# Системы показывающих приборов прямого отсчета

**Магнитоэлектрическая система**

**Электромагнитная система**

**Электродинамическая система**

**Индукционная система**

**Электростатическая система**

**Тепловая система**

# Устройства прибора магнитоэлектрической системы



**1 - цилиндр из магнитно-мягкого железа.**

**2 – подвижная катушка.**

**3 - спиральные пружины, возвращающие стрелку в исходное положение при отсутствии тока в катушке.**

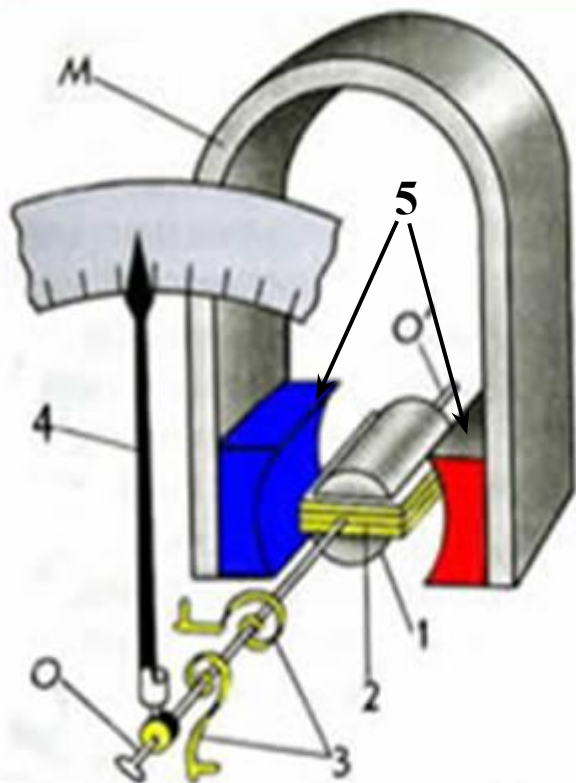
**4 – стрелка прибора.**

**5 – полюсные наконечники.**

**О-О' - ось, на которой крепятся элементы подвижной части прибора**  
**М – постоянный магнит.**

**Принцип работы:**

**При протекании тока через подвижную катушку на каждый ее проводник действует электромагнитная сила  $F$  которая создает вращательный момент  $M_{вр}$ , действующий на подвижную часть.**



# Магнитоэлектрическая система

$$F = B * I * l,$$

$B$  – магнитная индукция;  $I$  – сила тока;  
 $l$  – длина проводника

$$M_{вр} = k_{вр} I$$

$k_{вр}$  - коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами подвижной части (диаметра каркаса катушки, числа витков катушки, площади поперечного сечения каркаса)

$$M_{пр} = k_{пр} \alpha$$

$M_{пр}$  – противодействующий момент.

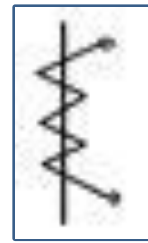
При  $M_{пр} = M_{вр}$  угол поворота катушки прямо пропорционален измеряемому току  
 $I = k_{пр} \alpha / k_{вр} = C_{пр} \alpha$  ( $C_{пр}$  - цена деления)

$\alpha$  - угол поворота катушки

Приборы этой системы высоко чувствительны, выносливы к перегрузкам, вращающий момент линейно зависит от тока, на них слабо влияет внешнее магнитное поле, измеряют постоянный ток.

Для измерения среднего значения переменного тока к

# Электромагнитная система



- 1 – якорь,
- 2 – катушка,
- 3 – неподвижный сердечник
- 4 – ферромагнитный экран

## Принцип работы:

Измеряемый ток, протекая в неподвижной катушке 2, создает магнитное поле, втягивающее якорь 1 внутрь.

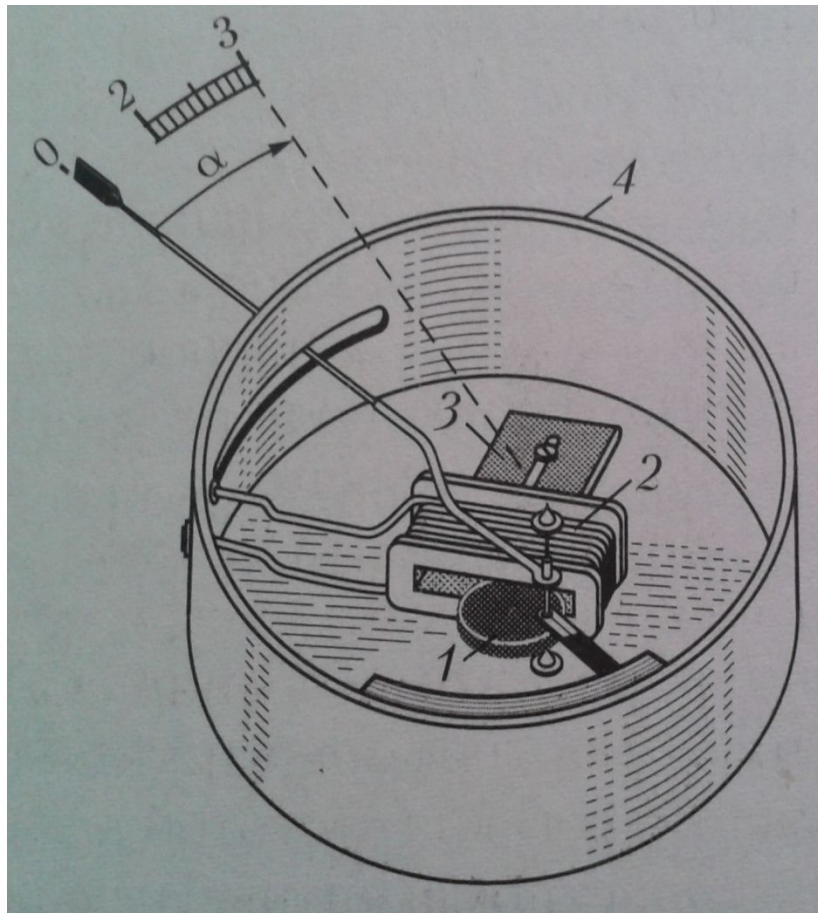
Вращающий момент

$$M_{вр} = \frac{I^2 dL}{2 d\alpha} = M_{пр} = k_{пр}\alpha$$

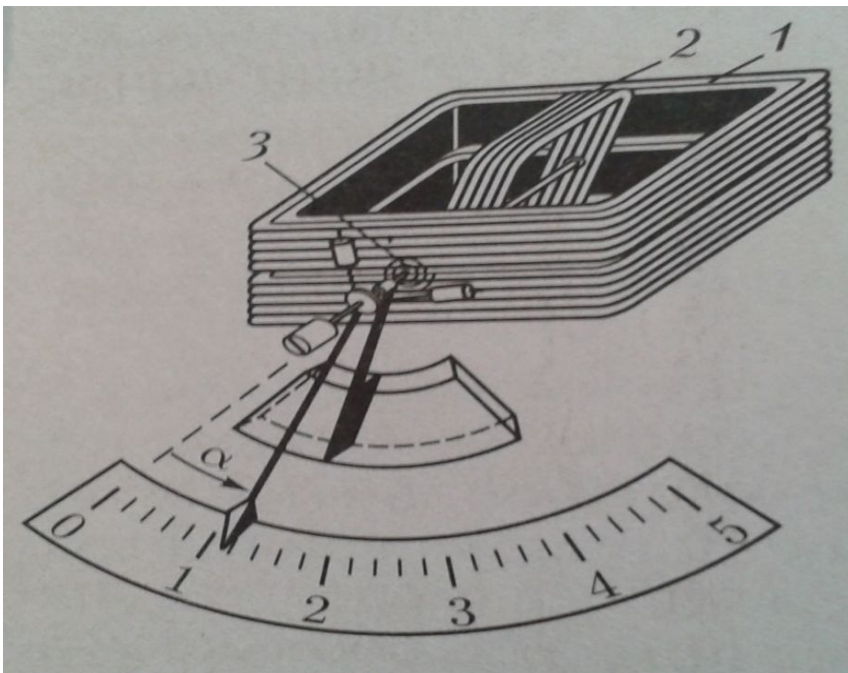
$I = C(\alpha)\sqrt{\alpha}$  - действующее значение тока

**Ценные свойства:** допускают большие перегрузки, дешевы и просты в устройстве.

**Недостатки:** малая чувствительность, необходимость защиты от внешних магнитных полей (4), класс точности – не выше 1,5, неравномерность шкалы



# Устройство электрического счетчика



1 – неподвижная катушка.  
2 – подвижная катушка  
3 – специальные пружины для создания противодействующего момента.

**Принцип работы:**

Подвижная катушка при протекании тока под действием электромагнитных сил стремится занять положение, при котором ее магнитное поле совпадает с направлением поля неподвижной катушки. Этому противодействуют специальные пружины 3.

Вращающий момент  $M_{вр}$

$$M_{вр} = \frac{dW}{d(\alpha)} = i_1 i_2 \frac{dM}{d(\alpha)}$$

$i_1$  и  $i_2$  – токи в катушках

Электродинамические приборы пригодны для измерения в цепях как постоянного так и переменного тока, причем шкала в обоих случаях одна и та же. Класс точности 0,2 и даже 0,1

# Условные обозначения на шкалах приборов

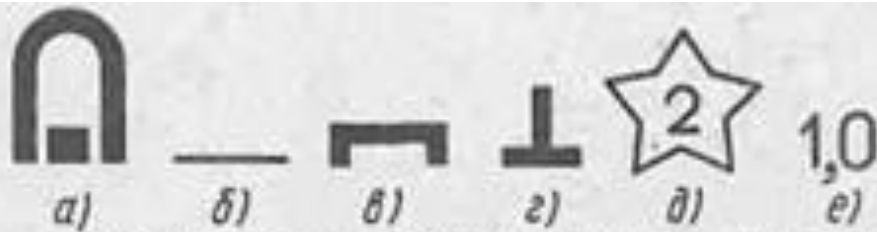


Рис. 108. Условные обозначения на шкалах измерительных приборов:  
 а – магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой; б – прибор для измерения постоянного тока; в – рабочее положение прибора горизонтальное; г – рабочее положение прибора вертикальное; д – между корпусом и магнитоэлектрической системой прибора напряжения не должно превышать 2 кВ; е – класс точности прибора, проценты

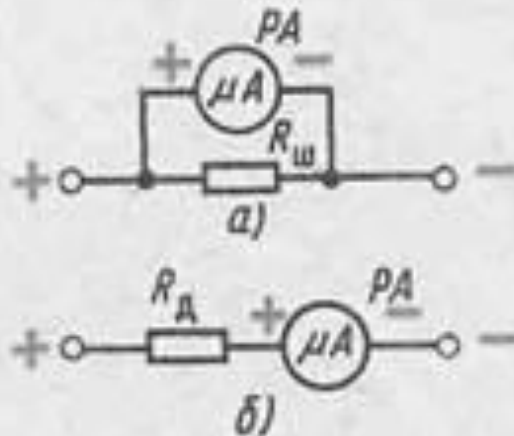
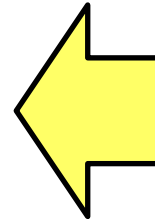


Рис. 109. Подключение шунта и добавочного резистора к электроизмерительному прибору РА

Для расширения пределов измерения амперметра в  $n$  раз, параллельно ему включают сопротивление шунта  $R_{ш}$ , а вольтметра в  $n$  раз последовательно - добавочное сопротивление  $R_{доб}$ .

$$R_{ш} = \frac{R_A}{(n-1)}$$

$$R_{доб} = (n-1) R_V$$



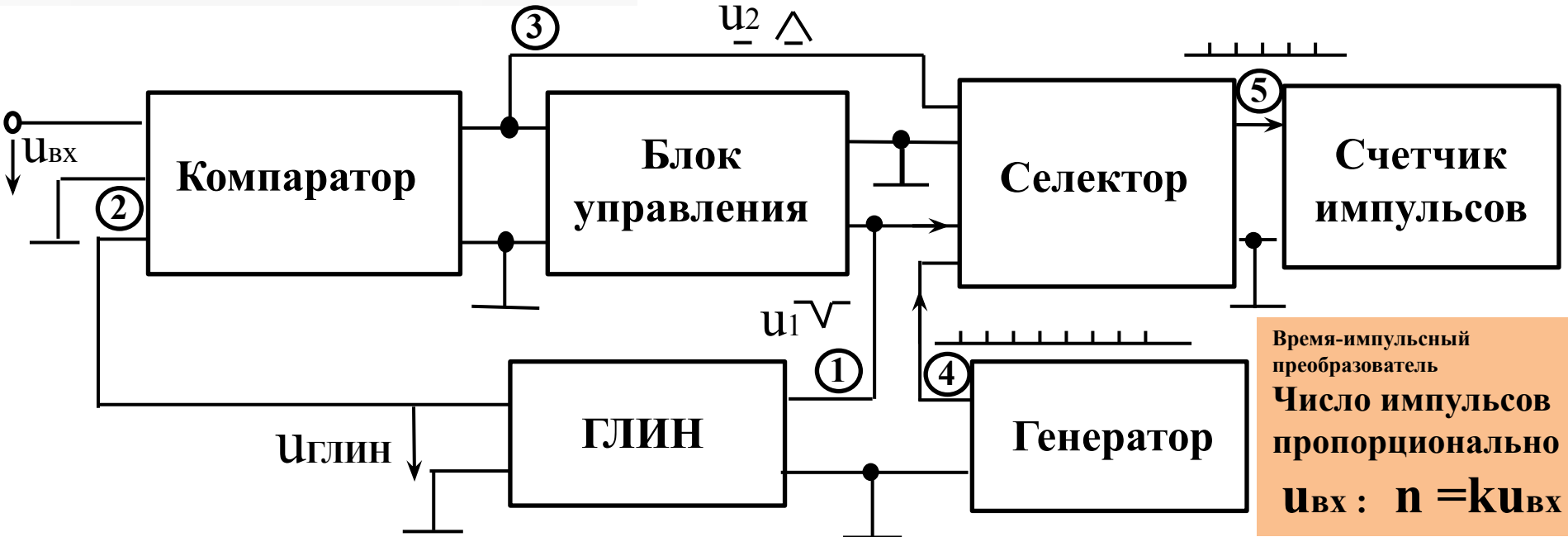
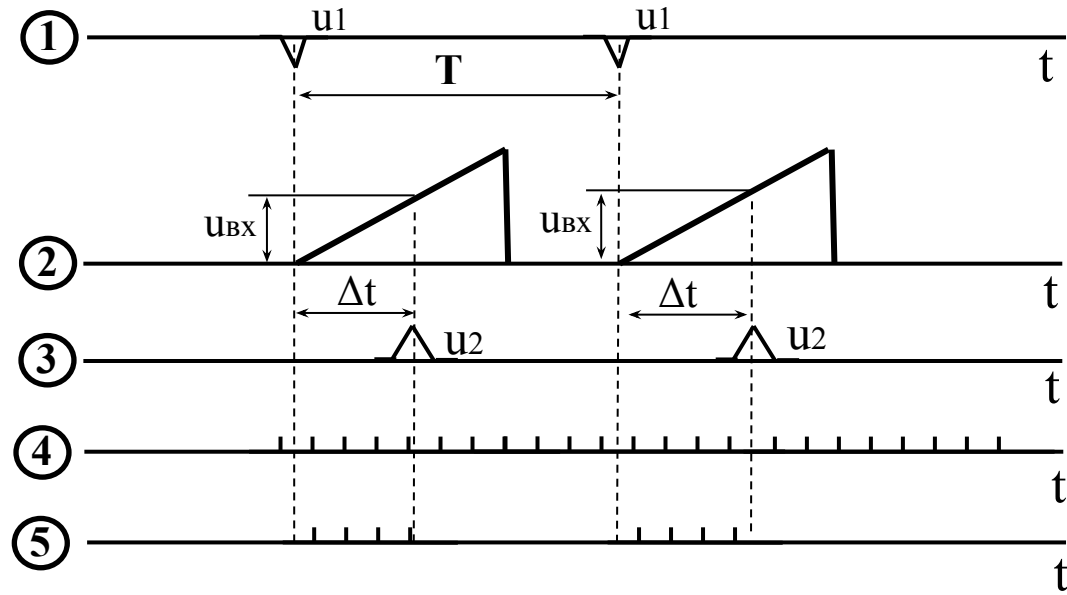
$R_A$  - сопротивление амперметра

$R_V$  - сопротивление вольтметра

# Цифровые измерительные приборы



Цифровой вольтметр



Время-импульсный преобразователь  
 Число импульсов пропорционально  $u_{ВХ}$ :  $n = k u_{ВХ}$



## Указатели напряжения и индикаторы

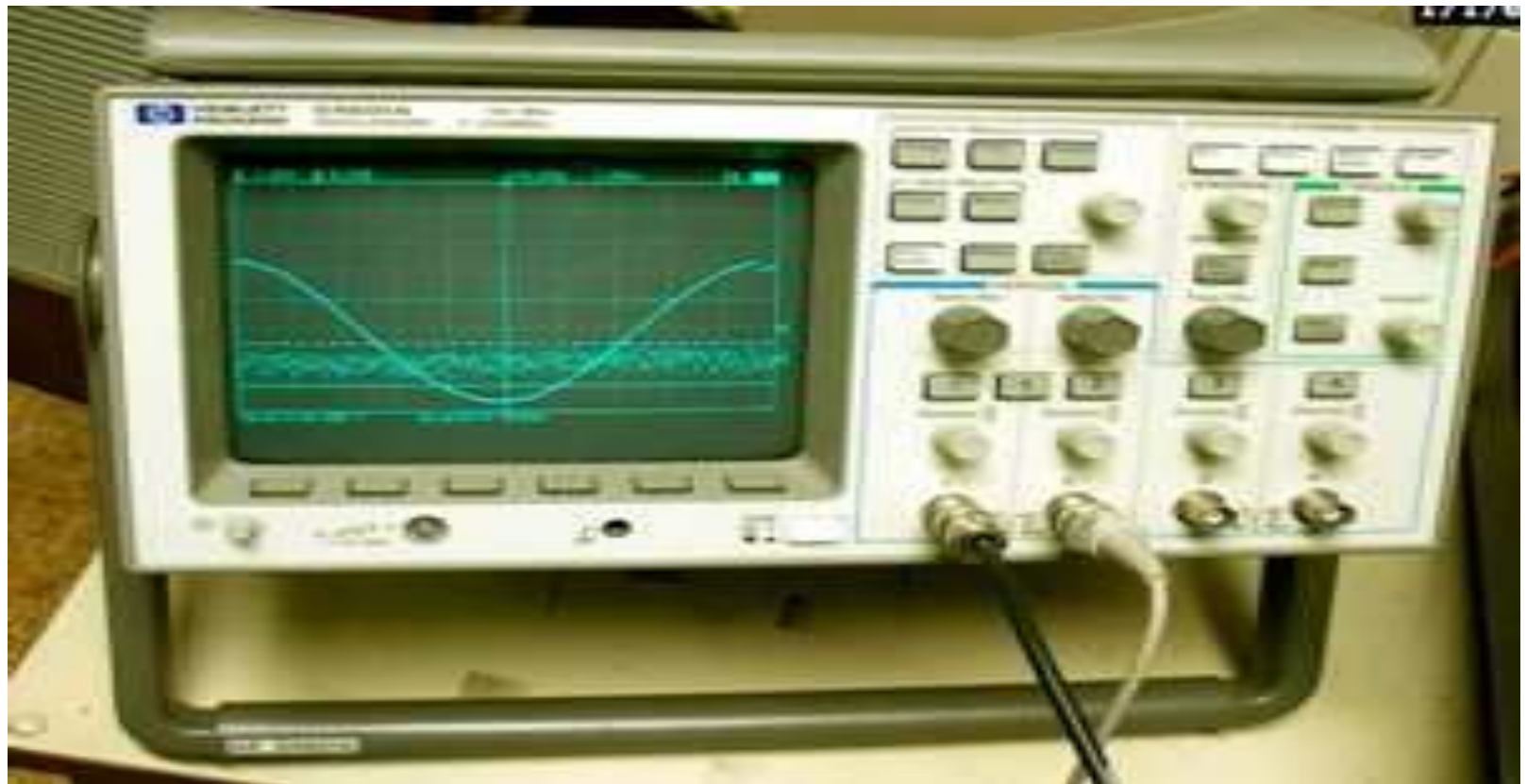
Используются для определения наличия или отсутствия тока в сети для электроприборов, мощность которых не более 1000 В.



### Вольтметр, амперметр, омметр

Используется электронный прибор для измерения силы тока, напряжения, мощности, сопротивления, емкости, индуктивности и т. д.

Для того, чтобы исследовать поведение сигналов во времени, применяется электронный осциллограф



**Токоизмерительные клещи** используют для непродолжительного измерения тока без разрыва цепи



**Мультиметр** сочетает в себе практически все приборы, предназначенные для измерения тока и напряжени», а также других параметров.

