



# Раздел 3. Измерение тока, напряжения и мощности

# Общие сведения об измерительных приборах

**Классификация средств контроля и измерения может производиться по нескольким признакам:**


- 1. По роду измеряемых величин**
- 2. По способу получения данных**
- 3. По виду показаний**
- 4. По расположению**
- 5. По назначению**

## **I. По роду измеряемых величин –**

- Приборы для измерения характеристик электрического тока (амперметр, вольтметр, мультиметр)
- Приборы, измеряющие давление;
- Приборы, измеряющие температуру
- Приборы для измерения расхода, количества, состава, уровня, состояния вещества и т.д.

## 2. По способу получения данных


- Показывающие - демонстрируют значение измерения величины в данный момент времени (тестер, частотомер);
- Регистрирующие - предназначены для автоматической записи измеряемой величины за время работы прибора;
- Сигнализирующие - снабжены световой или звуковой сигнализацией, срабатывающей в случае достижения измеряемой величиной заданного значения (тестер определения напряжения);
- Регулирующие - предназначены для автоматического поддержания конкретного значения измеряемой величины;
- Измерительные автоматы - это устройства, которые по результатам проведенных измерений выполняют некоторую последовательность действий, согласно заложенной программе



Классификация средств контроля и измерения может производиться по нескольким признакам:

### ***3. По виду показаний***


- аналоговые приборы (значение измерения определяется с помощью стрелки и шкалы с делениями) ;
- цифровые приборы (измеренное значение демонстрируется на дисплее в виде конкретного числа);



Классификация средств контроля и измерения может производиться по нескольким признакам:

#### **4. По расположению**

- местные (закрепляются на самом объекте измерений или рядом с ним)
- дистанционные (передают измеряемые параметры на расстояние).



Классификация средств контроля и измерения может производиться по нескольким признакам:

**5. По назначению –**

- рабочие (применяются для конкретных практических целей измерений)
- образцовые (предназначены для поверки рабочих)
- эталонные (воспроизведение единиц измерения с максимально возможной точностью)

# Ко всем измерительным приборам можно предъявить ряд общих требований:

1. Высокая точность.
2. Широкий предел измерения.
3. Высокая чувствительность (**чувствительность** – способность прибора реагировать на малые изменения исследуемой величины).
4. Высокая надежность (срок службы).
5. Отсутствие влияния на измерительную схему или объект.
6. Высокое быстродействие (**быстродействие** – способность прибора мгновенно реагировать на результат измерения).
7. Быстрая готовность к работе.
8. Простота и удобство в эксплуатации и ремонте.
9. Безопасность в работе.



# Принцип действия электромеханических приборов (ЭМП)

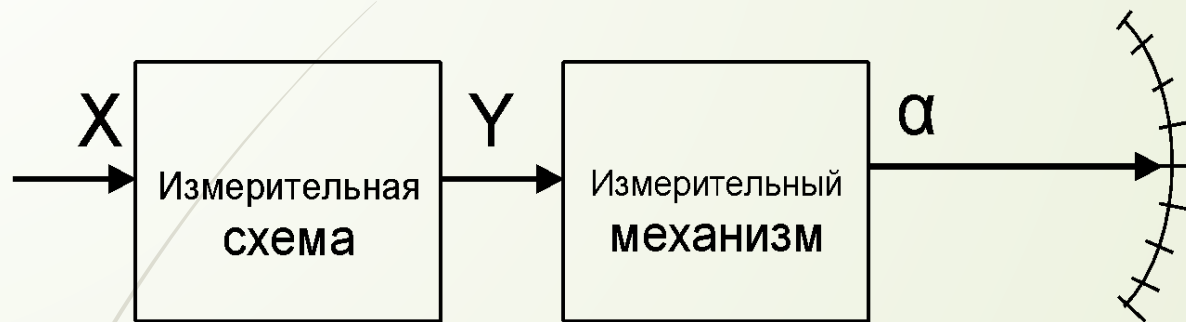



Рис. 5. Упрощенная схема ЭМП

Измеряемая величина  $X$  подаётся на измерительную схему, где она качественно или количественно преобразуется в величину  $Y$ ; величина  $Y$  воздействует на измерительный механизм, в этом механизме  $Y$  преобразуется в угловое перемещение  $\alpha$  стрелки отсчётного устройства. В результате угловое отклонение создаст вращательный момент, который зависит от величины  $X$ .



$$M_{BP} = f(x) - \text{момент вращения (1)}$$

Под воздействием  $M_{BP}$  стрелка отсчетного устройства отклоняется до упора за счёт инерции; чтобы обеспечить равенство (1) создают противодействующий момент с помощью пружины.

**$M_{пр} = D * \alpha$**  - противодействующий момент (2)

- **D удельный противодействующий момент**, зависит от свойства выбранной пружины, находится по справочнику.

При равенстве моментов стрелка должна остановиться; чтобы этого добиться, создают **успокаивающий момент**:


$$M_{yc} = M_{BP} - M_{PP} \quad \text{- успокаивающий момент (3)}$$

Создание  $M_{yc}$  гарантирует чувствительность ЭМП

$$h = n / A_{max} \quad \text{[ДЕЛЕНИЕ / ЕДИНИЦУ ИЗМЕРЕНИЯ]}$$


Где:

$n$  – число делений;

$A_{max}$  – предел измерения.

Хорошей чувствительностью считается:

$$h = (2-3) \quad \text{[ДЕЛЕНИЕ / ЕДИНИЦУ ИЗМЕРЕНИЯ]}$$



Аналоговые приборы по виду измерительного механизма делятся на несколько типов:

- 1. Магнитоэлектрические**
- 2. Электромагнитные**
- 3. Электродинамические**
- 4. Электростатические**

## Магнитоэлектрические

**Принцип действия:** взаимодействие поля постоянного магнита и контура с током.

**Обозначение:**



**Уравнение системы:**  $\alpha = K \cdot I$

**Достоинства:**

Равномерность шкалы

Высокая чувствительность.

Высокий класс точности (0,1)

Отсутствие влияния внешних магнитных полей.

**Недостатки:**

Используется только в цепях переменного тока.

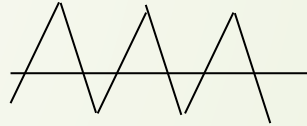
Сложность конструкции.

**Применение:** применяются в милли-, микро-, амперметрах и вольтметрах, частотомерах.

- **Электромагнитные**

**Принцип действия:** взаимодействие магнитного поля катушки с сердечником и тока.

**Обозначение:**



**Уравнение системы:**  $\alpha = k \cdot I^2$

**Достоинства:**

Возможность применения в цепях переменного тока с частотой до 8000 Гц

Простота конструкции.

Надёжность в эксплуатации.

Устойчивость к перегрузкам.

**Недостатки:**

Неравномерность шкалы.

Подвержены влиянию внешних магнитных полей.

Возникают вихревые токи.

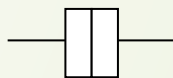
Остаточная магнитная индукция в сердечнике.

**Применение:** амперметры и вольтметры в цепях переменного тока, частотомеры, фазометры.

## • Электродинамические

**Принцип действия:** взаимодействие двух катушек – подвижной и неподвижной.

**Обозначение:**



**Уравнение системы:**  $\alpha = K$

### **Достоинства:**

Отсутствие стальных сердечников.

Высокий класс точности (0,1; 0,2)

Может использоваться в цепях как переменного, так и постоянного тока.

### **Недостатки:**

Чувствительны к внешним магнитным полям.

Низкая чувствительность

Высокая стоимость.

Требуется постоянный уход и обслуживание.

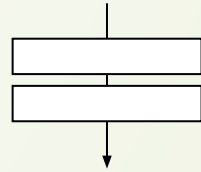
**Применение:** амперметры, вольтметры, ваттметры, частотомеры, приборы для измерения угла сдвига фаз, ёмкости.

# Аналоговые приборы по виду измерительного механизма делятся на

- ~~Электростатические~~ **НЕСКОЛЬКО ТИПОВ:**

**Принцип действия:** взаимодействие электрически заряженных частиц (проводников)

**Обозначение:**



## **Достоинства:**

Может работать в цепях как постоянного, так и переменного тока.

Не зависит от внешней магнитной частоты, формы, кривой напряжения.

Обладает высоким входным сопротивлением.

Практически не потребляет активной мощности.

## **Недостатки:**

Неравномерность шкалы

Измерения только до 30 МГц

Низкая чувствительность

Не для малых напряжений.

**Применение:** вольтметры (для снятия действительного напряжения в цепях переменного тока).



## Тема 3.2 Измерение напряжения и тока

- Для измерения напряжения и тока используются следующие приборы:
- - для измерения тока - амперметры, миллиамперметры, микроамперметры;
- - для измерения напряжения – вольтметры, милливольтметры, микровольтметры

# Измерение тока

Амперметры, миллиамперметры, микроамперметры, включаются в цепь последовательно с элементом ( $R_H$ ), на котором измеряется ток

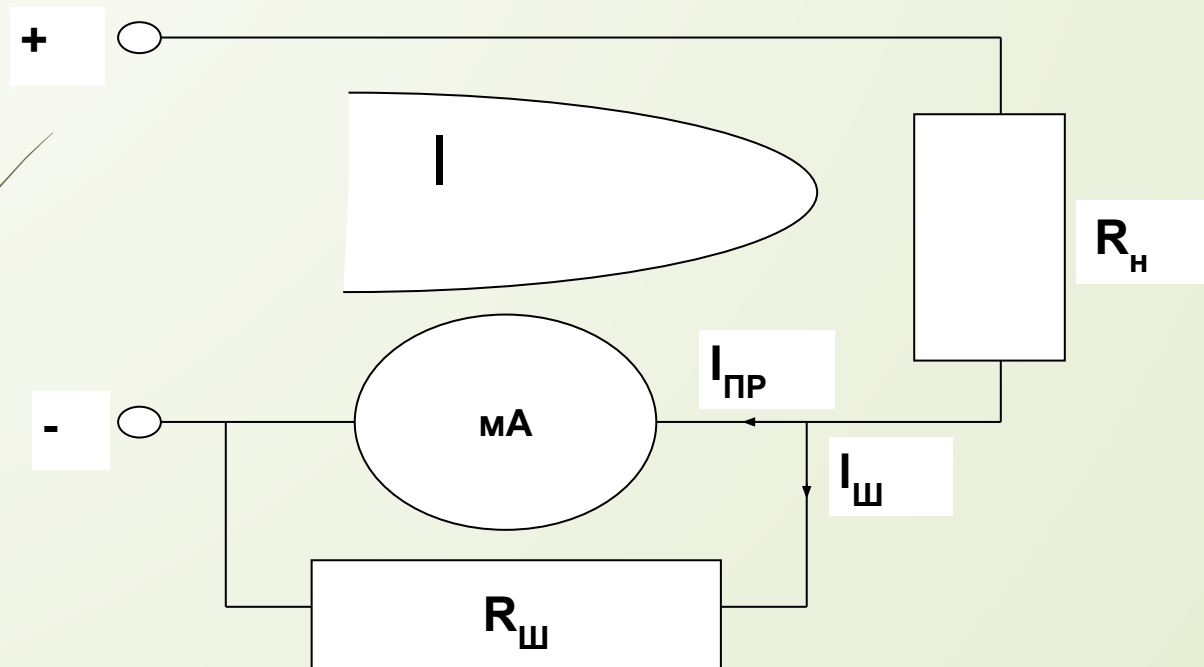


Рис. 6. Схема подключения амперметра в электрическую цепь

# Измерение тока

Сопротивление амперметра должно быть мало, чтобы прибор не влиял на схему.

Для расширения предела измерения применяются шунты (шунт – сопротивление, которое подключают параллельно к измерительному механизму прибора, предел которого расширяют).

$$R_{Ш} < R_{ПРИБ}$$
$$R_{Ш} = \frac{R_{ПРИБ}}{(p - 1)}$$

Где:

$p$  - коэффициент шунтирования, показывает, во сколько раз необходимо расширить предел измерения.

$$p = \frac{I}{I_{ПР}} \gg 1$$

# Измерения напряжения

Вольтметры, милливольтметры, микровольтметры, – включаются параллельно элементу, на котором измеряют падение напряжения.

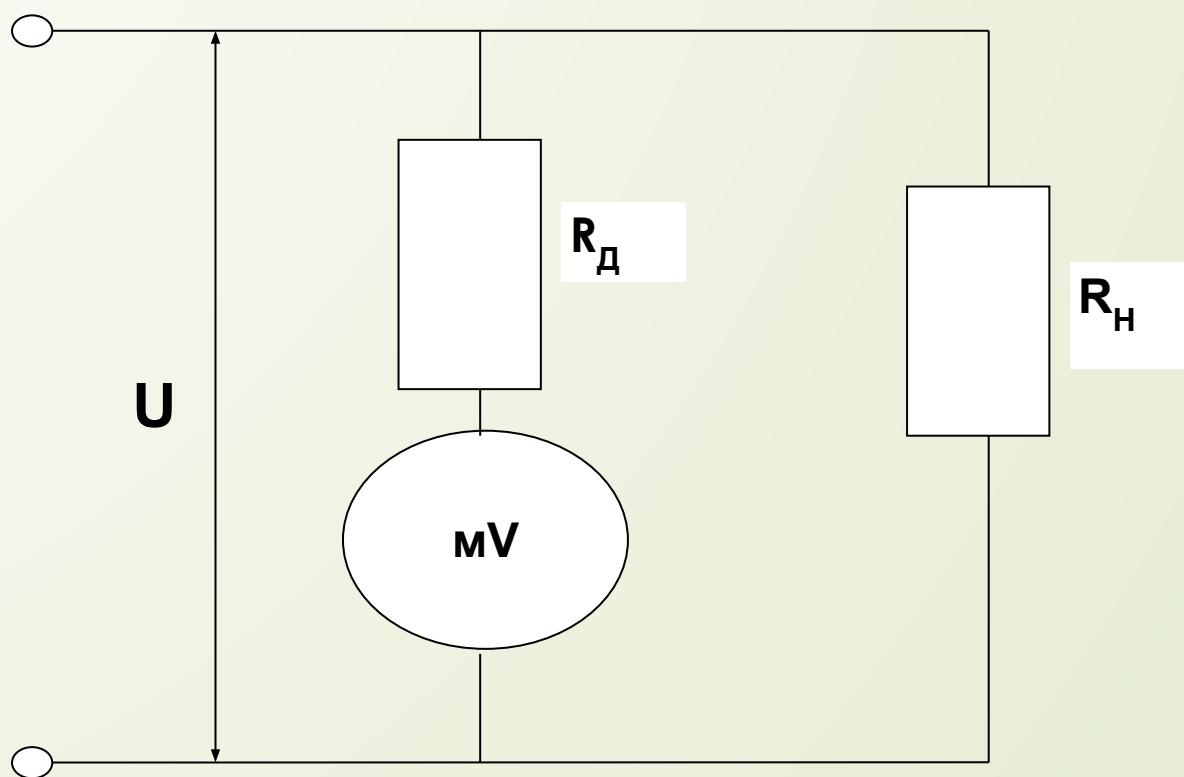


Рис. 7. Схема подключения вольтметра в электрическую цепь

# Измерения напряжения

Сопротивление прибора должно быть максимальным, для исключения влияния на измеряемую схему

$$R_{\text{ПРИБ}} \rightarrow \max$$

Предел измерения расширяют с помощью добавочного  $R_{\text{Д}}$ , включённого последовательно с прибором.

$$R_{\text{Д}} = R_{\text{ПРИБ}} \cdot (p - 1)$$

$$p = \frac{U}{U_{\text{ПРИБ}}} > 1$$

где  $p$  – коэффициент расширения (показывает во сколько раз необходимо расширить предел измерения).

# Сводная таблица для расширения тока и напряжения

	ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА	ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ
Используемые приборы		
Пределы измерения		
Подключения в схему		
Внутренние сопротивления прибора.		
Расширения пределов измерения		
Коэф. Расширения предела.		
Расчётная формула для сопротивления.		
Схема для расширения пределов		

# Измерительные механизмы ЭМП

Наименование	Магнитоэлектрические	Электромагнитные	Электродинамические	Электростатические
Обозначение				
Принцип действия				
Уравнение системы				
Достоинства Недостатки				
Применения Особенности				