

**Электротехника и электроника  
для студентов дневного отделения  
Лекция 1.  
Основные понятия.  
Принципы электрических измерений**

**Мириленко Андрей Петрович, к.т.н.  
кафедра Электротехники**

## Основные понятия

### Электротехника

наука, изучающая электрические и магнитные явления и их применение для практического использования.

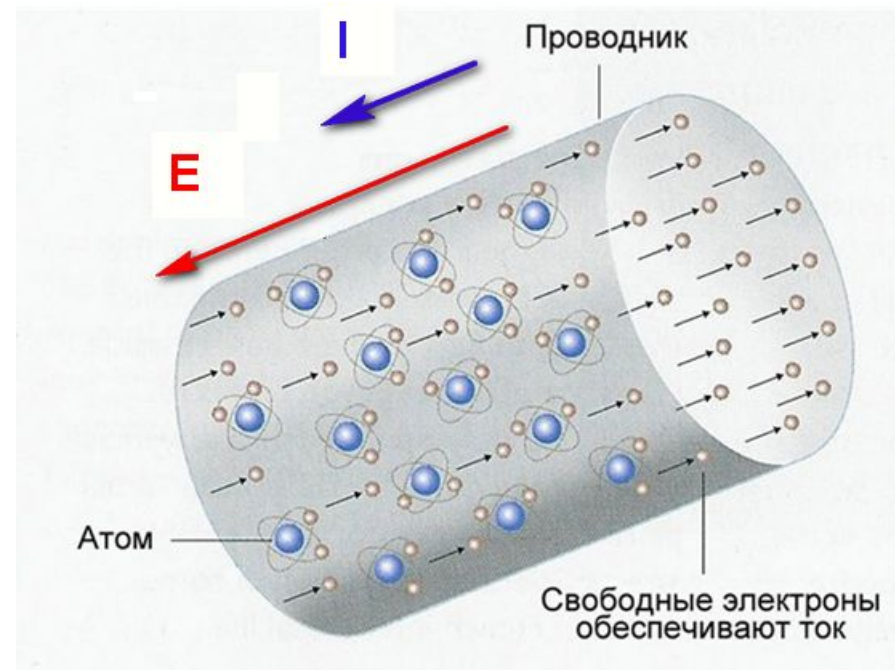
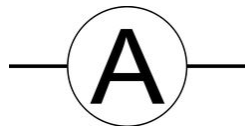
### Особенности электрической энергии

- Универсальность.
  - Другие виды энергии легко преобразуются в электрическую
  - Электрическая энергия легко преобразуется в тепловую, механическую, световую и т.д. виды энергии
- Удобно
  - Производить
  - Передавать
  - Распределять между потребителями
  - Использовать в разнообразных устройствах

## Основные величины

### ■ электрический ток

- в смысле процесса - направленное движение электрических частиц (бывает и хаотическое), в нашем случае можно сказать, что в проводах и элементах цепи
- в смысле физической величины – количество заряда в секунду,  
**Ампер = 1 Кулон / с =  $6,24 \cdot 10^{18}$  электронов / с**



## Основные величины

### ■ напряжение

- в смысле процесса – в проводях электрическое поле, толкает заряд
- в смысле физической величины – **разность потенциалов**, показывает какая работа совершится при перемещении единичного заряда.

**Вольт = Джоуль / Кулон = Джоуль / (Ампер\*с)**

$$U_{AB} = \int_L \vec{E}_{ef} d\vec{l}$$



## Основные величины

### ■ сопротивление

- в смысле процесса – нечто, мешающее заряженным частицам двигаться быстро, ограничивающее ток, например в резисторе это просто находящиеся на пути атомы
- в смысле физической величины – степень препятствия – отношение напряжения к току. чем больше сопротивление, тем меньше ток при том же напряжении

$$\text{Ом} = \text{Вольт} / \text{Ампер}$$



Georgas OMAS  
1787–1854



### Сопротивление цилиндрического проводника

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление вещества  $1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ , или  $1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .  
 $l$  – длина проводника  
 $S$  – площадь сечения.

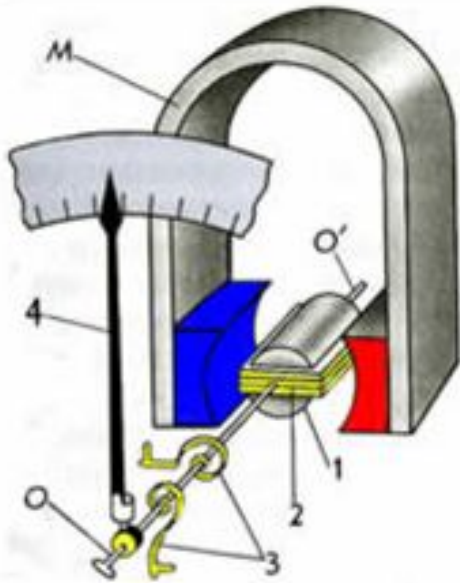
## Электрические измерения

### . Классификация электроизмерительных приборов

- ❑ по методу измерения непосредственного измерения/сравнения (измерение относительно стандартной величины)
- ❑ по принципу действия
- ❑ по роду измеряемой величины
- ❑ по роду тока
  - ❑ постоянного и переменного тока
- ❑ по степени точности измерения
  - ❑ на восемь классов точности
- ❑ по виду выдаваемой информации
  - ❑ аналоговые
  - ❑ цифровые.



## Приборы магнитоэлектрической системы



На лёгкую алюминиевую рамку 2 прямоугольной формы, наматывают катушку из тонкого провода.

Рамку крепят на двух полуосях  $O$  и  $O'$ , со стрелкой 4.

Ось удерживается двумя тонкими спиральными пружинами 3.

Катушку помещают между полюсами постоянного магнита  $M$  с наконечниками формы полого цилиндра. Внутри катушки располагают цилиндр 1 из мягкого железа.

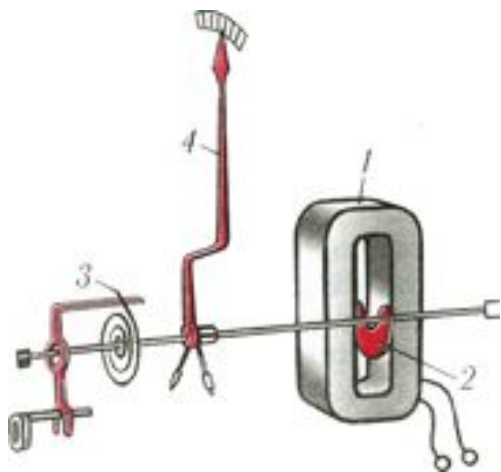


- равномерная шкала
- высокая чувствительность
- малая чувствительность к воздействию внешних магнитных полей



- не переносят перегрузки из-за под-вода тока через спиральные пружины
- только в цепях постоянного тока.

## Приборы электромагнитной системы



Катушка 1, по обмотке которой протекает ток. За счет этого в зазоре катушки возникает магнитное поле.

В зазор втягивается якорь 2, изготовленный из мягкой стали. На оси якоря имеется спиральная пружина 3, противодействующая втягиванию якоря в зазор катушки.

В результате сидящая на оси стрелка 4 поворачивается на определенный угол, зависящий от силы тока.



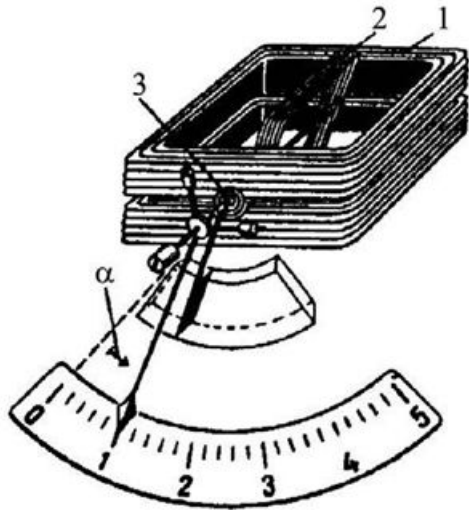
- не зависят от рода тока
- устойчивы к перегрузкам
- простота и достаточная механическая прочность конструкции



- неравномерность шкалы
- остаточного намагничивание сердечника
- влияние внешних магнитных полей на показания приборов
- малая чувствительность
- невысокая точность



## Приборы электродинамической системы



Катушка 1 неподвижная, из толстого изолированного проводника

Катушка 2 подвижная, выполнена из тонкого изолированного проводника.

Подвижная катушка крепится на оси вместе со стрелкой и успокоителем.

Принцип действия этих приборов основан на взаимодействии двух магнитных полей, создаваемых протекающим в катушках измеряемым током.

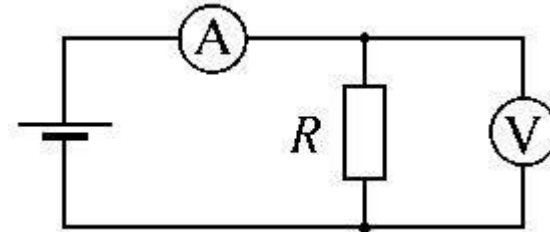


- не зависят от рода тока
- высокая точность



- неравномерность шкалы
- недопустимость перегрузки
- влияние внешних магнитных полей на показания приборов
- неравномерность шкалы

## Измерение тока



Для измерения постоянного тока обычно используются приборы магнитоэлектрической системы.

Для измерения переменного тока частотой 50 Гц в основном применяют приборы электромагнитной системы.

Сопротивление амперметров - от долей Ома до нескольких Ом.

## Расширение пределов

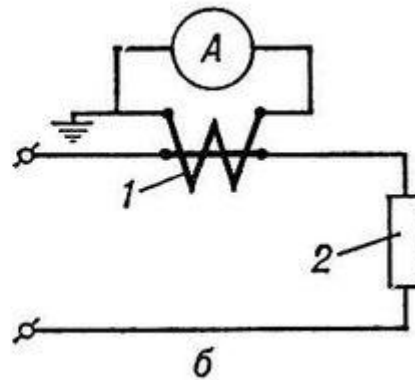
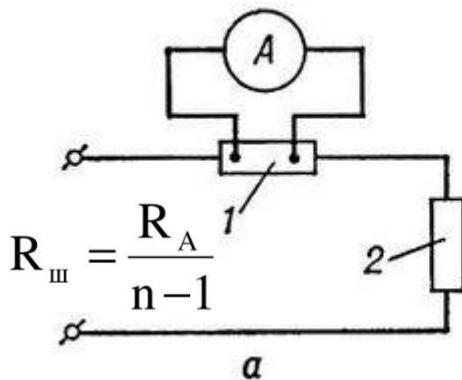


Схема включения амперметра:

а — с шунтом (1 — шунт, 2 — нагрузка);

б — через трансформатор тока (1 — трансформатор, 2 — нагрузка).

## Измерение напряжения

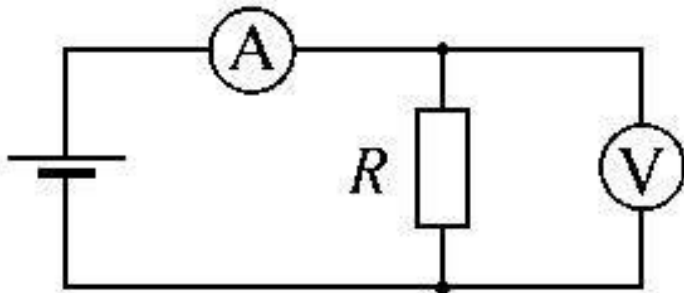


Вольтметры включаются параллельно участку электрической цепи, на котором измеряют напряжение.

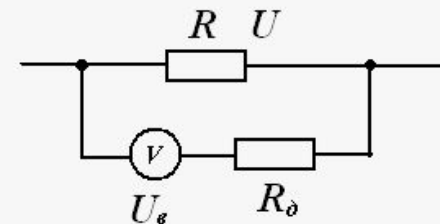
Вольтметр должен иметь большое сопротивление по сравнению с сопротивлением соответствующего участка цепи.

В цепях постоянного тока используют вольтметры магнитоэлектрической системы, но обычно с добавочным сопротивлением.

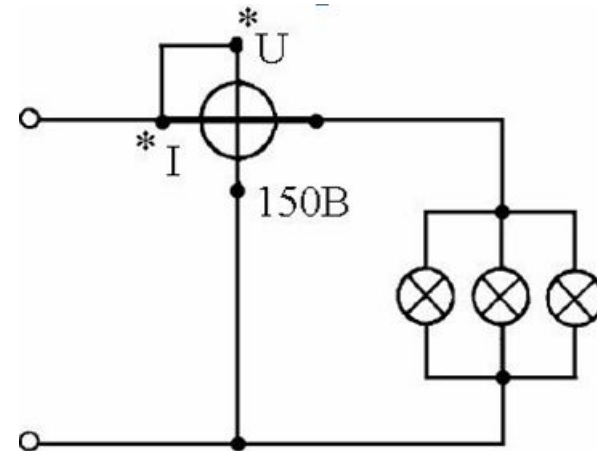
## Расширение пределов



$$R_{\delta} = \frac{U - U_{\delta}}{U_{\delta}} R_{\delta} = (n - 1) R_{\delta}$$



## Измерение мощности



Цена деления многопредельного ваттметра определяется по формуле:

$$C_W = \frac{U_n I_n}{n},$$

где  $U_n$ ,  $I_n$  — предельные значения напряжения и тока, указанные на соответствующих зажимах прибора;  $n$  — число делений шкалы.

## Погрешности

### Абсолютная погрешность

разность между показаниями прибора  $A_{\text{п}}$  и действительным значением измеряемой величины  $A_{\text{д}}$ , выраженная в единицах измеряемой величины

$$\Delta A = A_{\text{п}} - A_{\text{д}}$$

Поправка  $\Delta P = -\Delta A = A_{\text{д}} - A_{\text{п}}$

### Относительная погрешность

отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, выраженное обычно в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_{\text{д}}} \times 100\% = \frac{A_{\text{п}} - A_{\text{д}}}{A_{\text{д}}} \times 100\%$$

### Приведенная погрешность

То же самое к предельному значению

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{\text{н}}} \times 100\% = \frac{A_{\text{п}} - A_{\text{д}}}{A_{\text{н}}} \times 100\%$$

### Класс точности

Максимальное значение приведенной погрешности

0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4

### Поверка

Определение соответствия классу точности:

- внешний осмотр
- определение погрешности
- документальное оформление

### Поверка сравнением с образцовым прибором

- Поверка приборов точностью 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4
- допустимая приведенная погрешность (класс точности) образцового прибора должна быть не менее чем в 3 раза меньше
- верхний предел измерения образцового прибора должен быть таким же, как у поверяемого, или не превышать его более чем на 25 %.

## Шкалы приборов



**Начальное значение шкалы** — наименьшее значение измеряемой величины

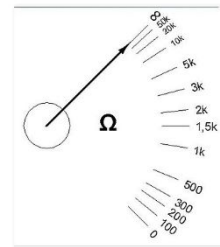
**Конечное значение шкалы** — наибольшее значение измеряемой величины

**Цена деления шкалы** — разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы

**Жирные точки** — указывают диапазон, в котором обеспечивается класс точности

## Шкала

- Односторонняя – Двусторонняя
- Равномерная - Неравномерная



## Маркировочные характеристики

1. Характеристики типа
2. Электрические характеристики
3. Метрологические характеристики
4. Характеристики исполнения

### Характеристики типа

- Вид – амперметр
- Номенклатура – модель
- Тип указателя
  - стрелочный
  - световой
  - цифровой
  - электронно-лучевой
- Тип измерительной системы

Магнитоэлектрический прибор

Электромагнитный прибор

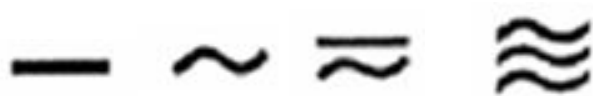
Электродинамический прибор





## Электрические характеристики

1. Род тока



2. Минимальное пробойное напряжение



3. Внутреннее сопротивление

5A R=0,005Ω L=0,0023мН

4. Частотная характеристика

45-55-1500Hz

## Метрологические характеристики

1. Класс точности 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4
2. Верхний предел, однопредельный-многопредельный
3. Цена деления (= предел/кол-во делений)
4. Границы доверительного интервала (в делениях)

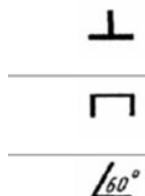
## Характеристики исполнения

### 1. Шкалы –

- Равномерная/неравномерная
- Зеркальная/незеркальная
- Однолегендная/многолегендная

### 2. Нормальное положение шкалы

- Вертикальное
- Горизонтальное
- Под углом



### 3. Защита прибора



## Чтение шкалы

