



*Электрический ток и  
параметры электрических  
цепей*

*Елисеенко .*

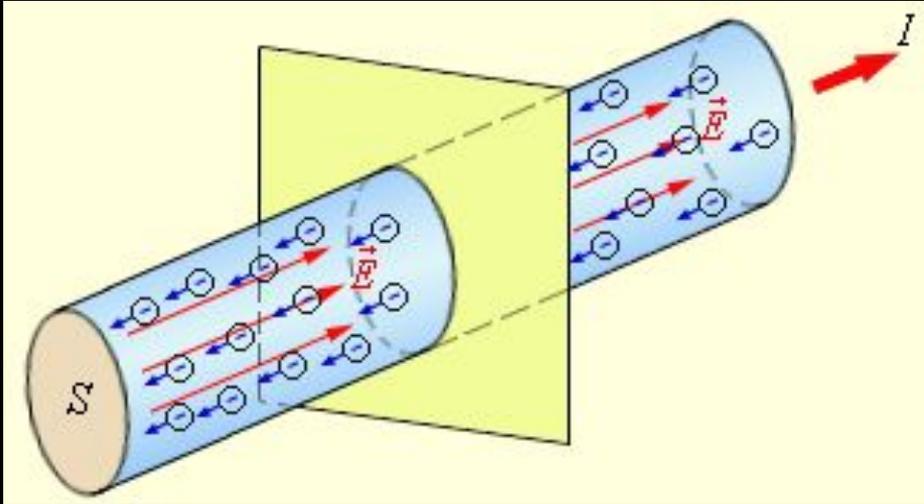
- **Электрический ток** - направленное и упорядоченное движение электронов под действием электрического поля создаваемого за счет Э.Д.С. источника питания.

- За направление электрического тока в электротехнике принято направление, противоположное направлению движения электронов. Всегда в электрической цепи ток направлен от положительного полюса источника к отрицательному.



**Ток** — направленное движение электрически заряженных частиц. Величина тока измеряется так называемой силой тока, которая в системе СИ измеряется в амперах.





Упорядоченное движение электронов в металлическом проводнике и ток  $I$ .

$S$  – площадь поперечного сечения проводника,

$E$  – электрическое поле.

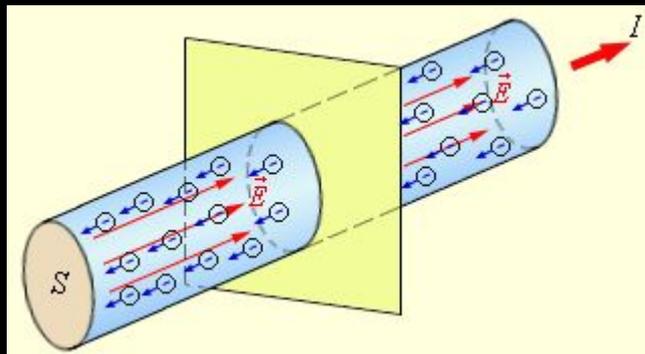
**сила тока  $I$  – скалярная физическая величина, равная отношению заряда  $\Delta q$ , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени  $\Delta t$ , к этому интервалу времени:**

$$I = gnSv$$

Единицей измерения тока в системе СИ служит ампер (А)

Один ампер это такой ток при котором через поперечное сечение проводника за одну секунду протекает заряд в один кулон.

# Направление электрического тока.



За направление тока условно приняли то направление, по которому движутся в проводнике положительные заряды, т.е. направления от положительного полюса источника тока к отрицательному.

**Амперметр** — прибор для измерения силы тока в амперах. Шкалу амперметров градуируют в микроамперах, миллиамперах, амперах или килоамперах в соответствии с пределами измерения прибора. В электрическую цепь амперметр включается последовательно с тем участком электрической цепи, силу тока в котором измеряют; для увеличения предела измерений — с шунтом или через трансформатор. (Примером амперметра с трансформатором являются «токовые клещи»)



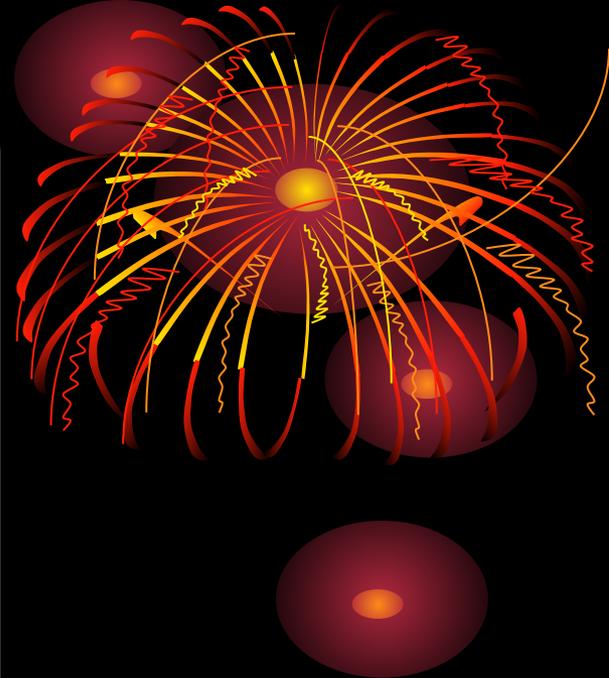
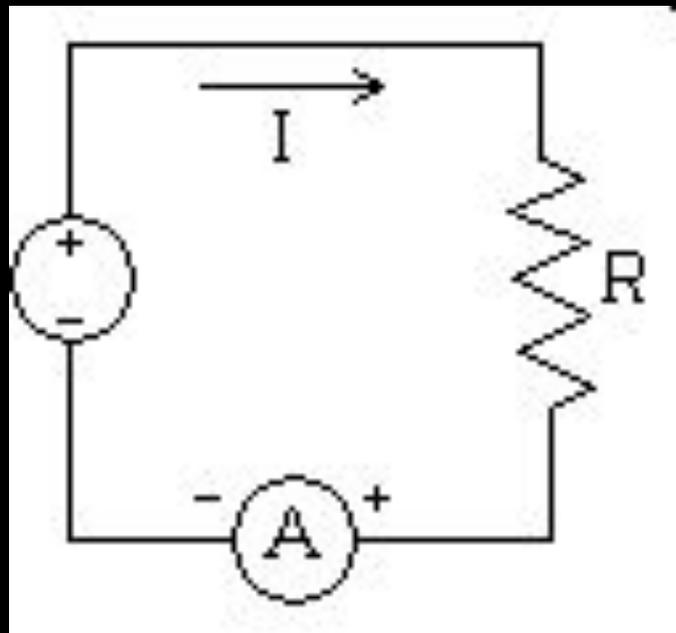
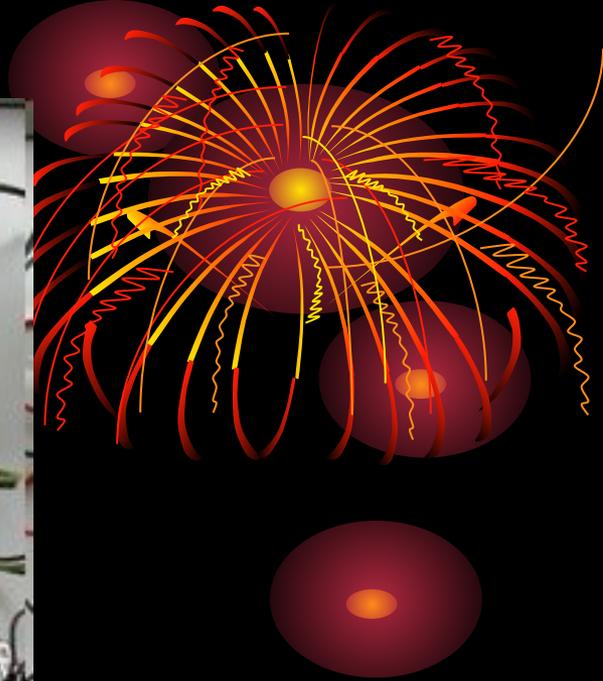
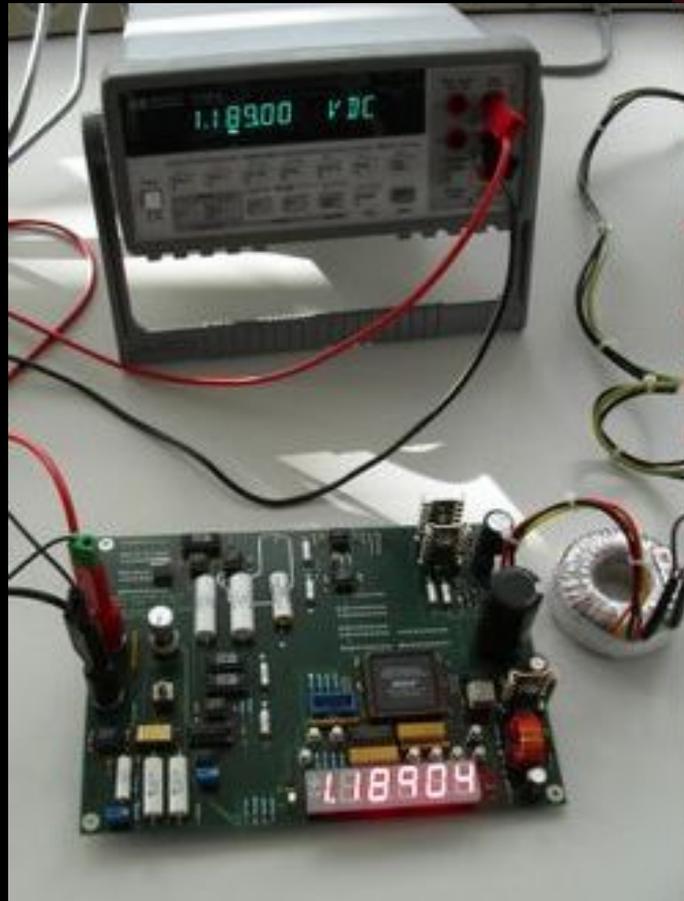


Схема включения амперметра



**Вольтметр** — прибор для измерения напряжения или ЭДС в электрических цепях (в мкВ, мВ, В, кВ). Подключается параллельно нагрузке или источнику электрической энергии.

## Условия существования электрического тока

Для возникновения и поддержания тока в какой-либо среде необходимо выполнение двух условий:

- наличие в среде свободных электрических зарядов
- создание в среде электрического поля.

В разных средах носителями электрического тока являются разные заряженные частицы.

Электрическое поле в среде необходимо для создания направленного движения свободных зарядов. Как известно, на заряд  $q$  в электрическом поле напряженностью  $E$  действует сила  $F = q \cdot E$ , которая и заставляет свободные заряды двигаться в направлении электрического поля. Признаком существования в проводнике электрического поля является наличие не равной нулю разности потенциалов между любыми двумя точками проводника, Однако, электрические силы не могут длительное время поддерживать электрический ток. Направленное движение электрических зарядов через некоторое время приводит к выравниванию потенциалов на концах проводника и, следовательно, к исчезновению в нем электрического поля.

Для поддержания тока в электрической цепи на заряды кроме кулоновских сил должны действовать силы неэлектрической природы (сторонние силы).

Устройство, создающее сторонние силы, поддерживающее разность потенциалов в цепи и преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию, называется источником тока.

Для существования электрического тока в замкнутой цепи необходимо включение в нее источника тока.

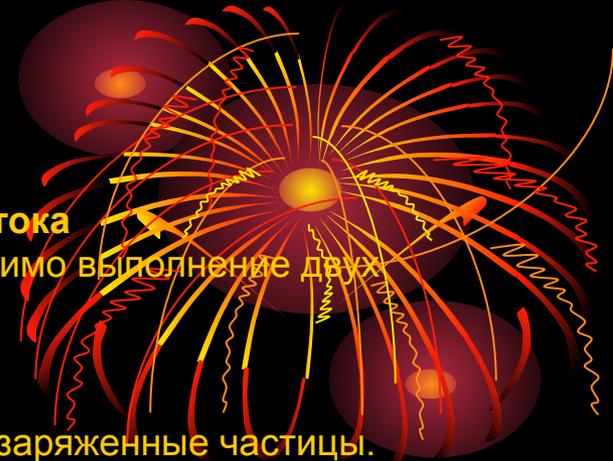
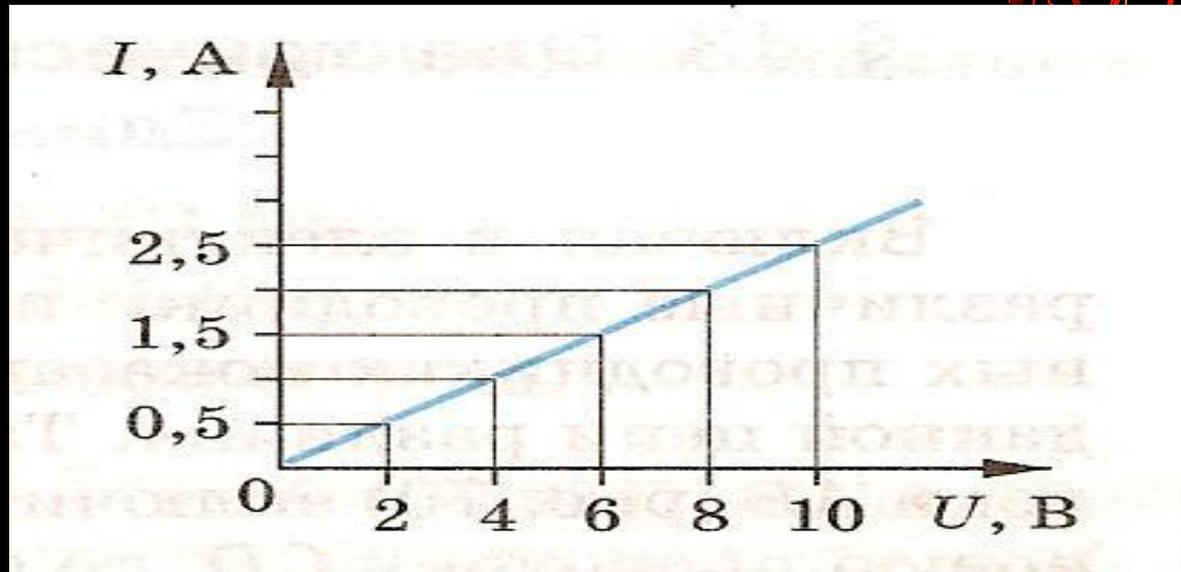
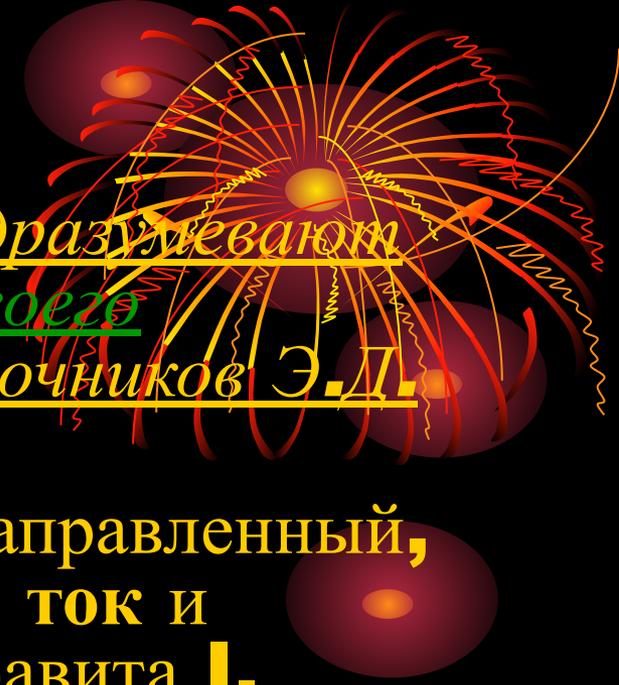


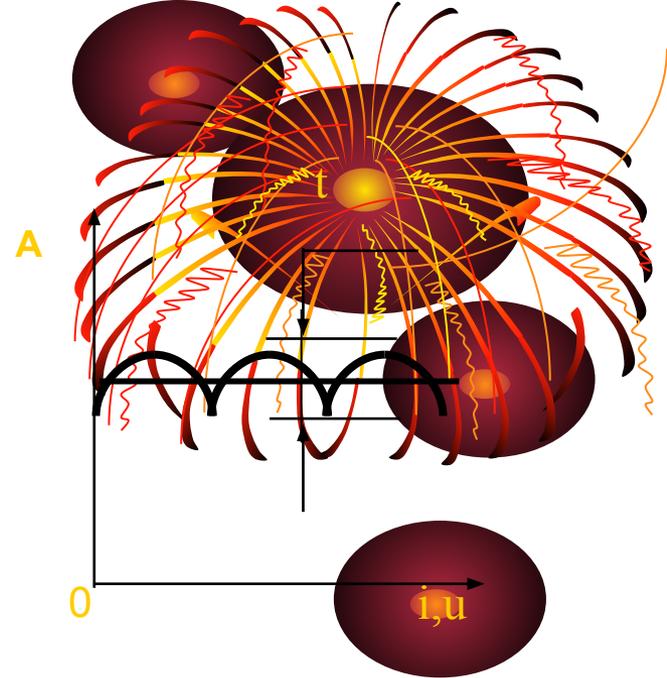
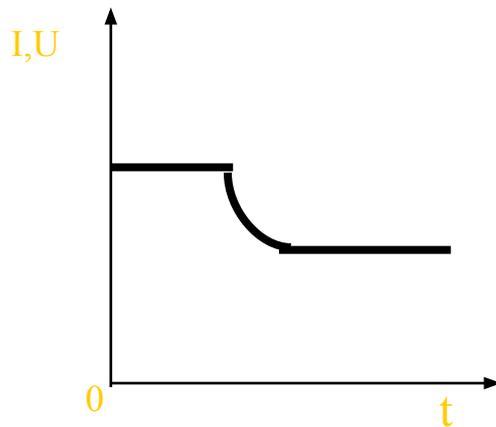
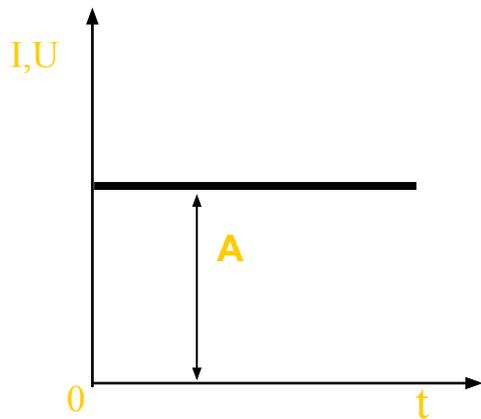
График зависимости силы тока в проводнике от напряжения на концах проводника.



**Вывод:** Сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на концах проводника.



- 
- Под цепями постоянного тока подразумевают цепи, в которых ток не меняет своего направления, т.е. полярность источников Э.Д.С. в которых постоянна.
  - Поток зарядов в этих цепях однонаправленный, и его определяют как **постоянный ток** и обозначают буквой латинского алфавита **I**.
  - Единицей измерения тока в системе СИ служит ампер (А).



Примеры графиков постоянного тока.

## Основные параметры постоянного тока

1. Амплитуда напряжения (тока) –  $U(I)$ .
2. Амплитуда пульсаций напряжения (тока) –  $\Delta U(\Delta I)$ .



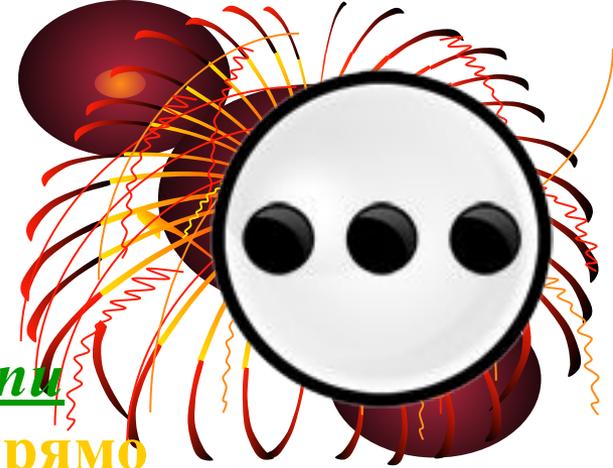
# Законы Ома.

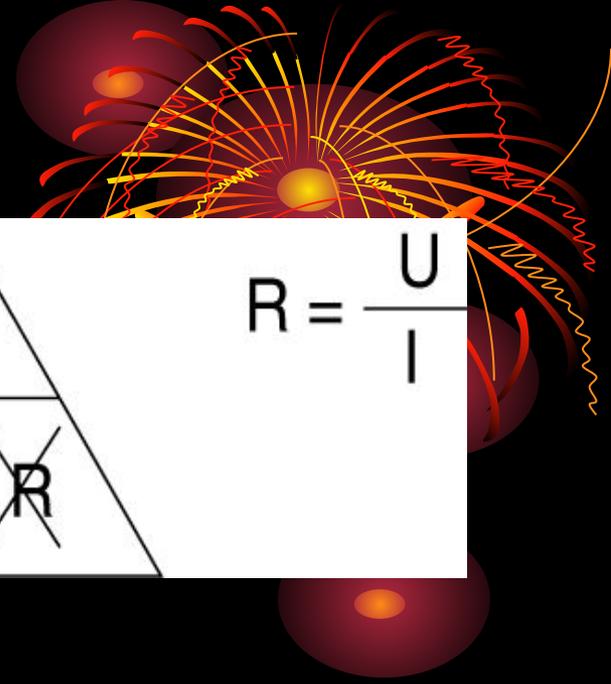
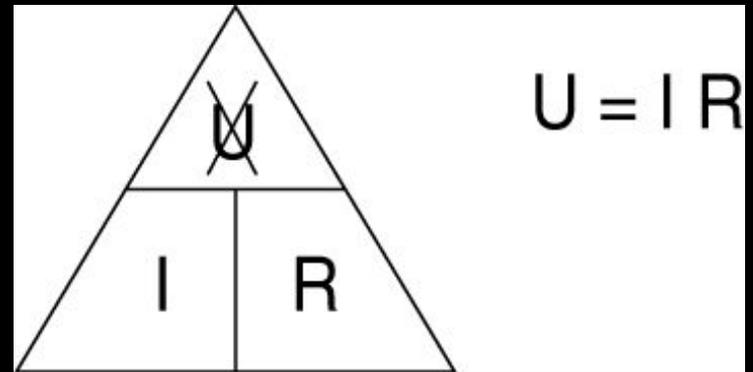
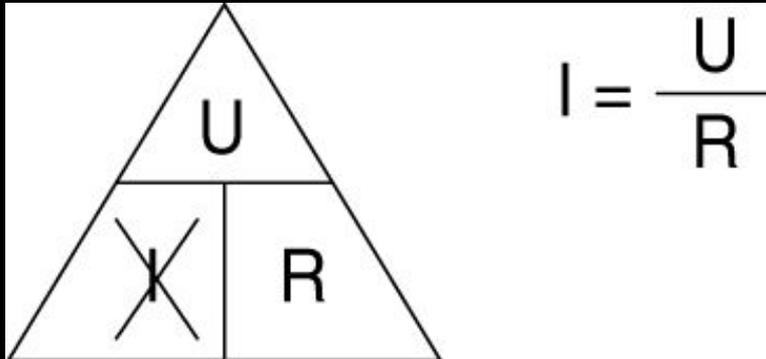
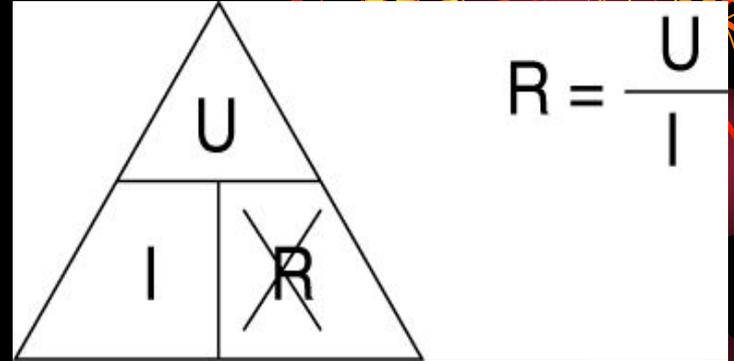
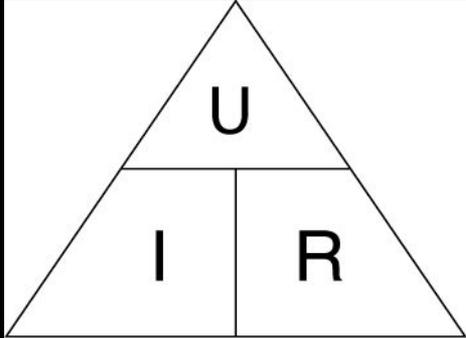
## закон Ома для участка цепи

- Электрический ток на участке цепи прямо пропорционален напряжению на этом участке и обратно пропорционален сопротивлению того же участка.

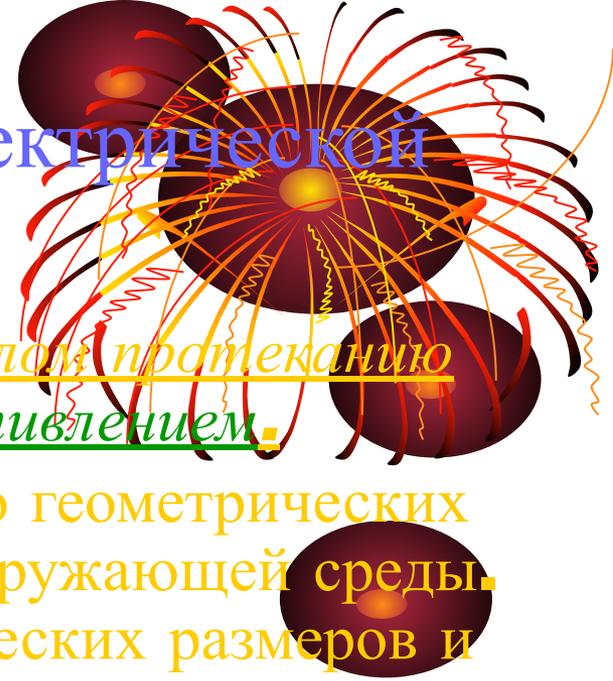
$$I = \frac{U}{R}, \quad [A = B / \text{Ом}]$$

- При постоянном напряжении ток в цепи будет тем больше, чем меньше сопротивление этой цепи, причем ток в цепи увеличивается во столько раз, во сколько раз уменьшается сопротивление цепи.





# Сопротивление приемника электрической энергии



- Противодействие, оказываемое материалом протеканию электрического тока, называется сопротивлением.
- Сопротивление проводника зависит от его геометрических размеров, материала и от температуры окружающей среды. Зависимость сопротивления от геометрических размеров и материала выражается формулой

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

где

**R** - сопротивление проводника, Ом;

**l** - длина проводника, м;

**S** - площадь поперечного сечения проводника, мм<sup>2</sup>;

$\rho$  - удельное сопротивление проводника, Ом×мм<sup>2</sup>/м.

- 
- Удельное сопротивление - сопротивление проводника длиной **1 м** и сечением **1 мм<sup>2</sup>** при температуре **200С**.
  - Удельное сопротивление в системе СИ измеряется в Ом\*м.
  - Сопротивление проводника прямо пропорционально длине проводника, обратно пропорционально площади поперечного сечения и зависит от материала проводника.
  - Проводимость - величина, обратная сопротивлению, характеризует способность проводников проводить электрический ток.

$$G = \quad ; [G] = 1/\text{Ом} = \text{См (сименс)}$$

$$\frac{1}{R}$$



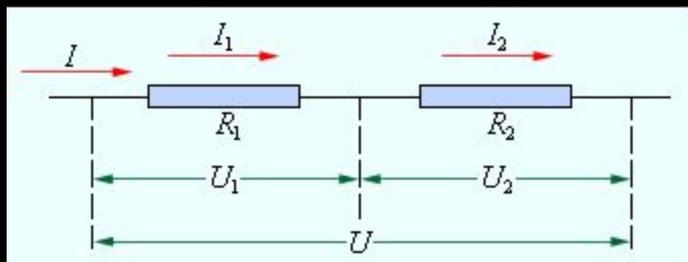
## Последовательное и параллельное соединение проводников

При последовательном соединении проводников сила тока во всех проводниках одинакова:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

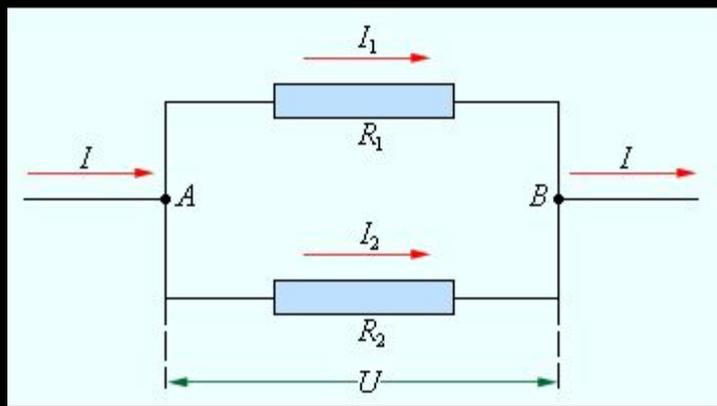
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



При параллельном соединении напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на обоих проводниках одинаковы:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

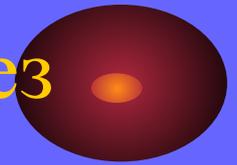
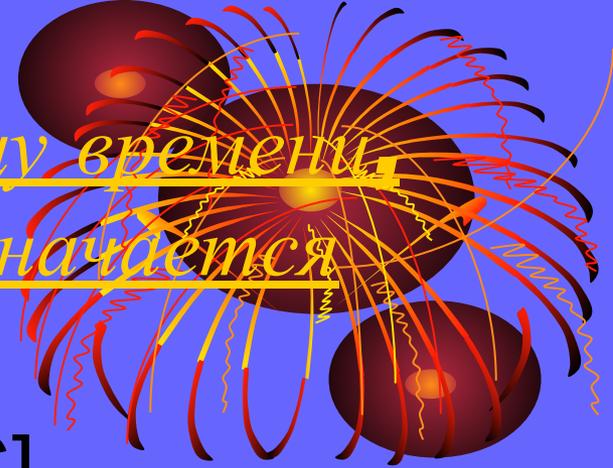
$$U = U_1 = U_2 = U_3$$



- Работа произведенная в единицу времени, называется мощностью и обозначается буквой P:

$$P = \frac{A}{t}, \quad [Вт = Дж/С]$$

- Мощность можно выразить также через напряжение и ток.  $P = UI$ , [Вт=ВА]
- Кроме ватта, применяются также производные единицы **1 мВт=10<sup>-3</sup> Вт;**  
**1кВт=10<sup>3</sup> Вт; 1МВт=10<sup>6</sup> Вт.**





**Закон Джоуля — Ленца** (по имени английского физика Джеймса Джоуля и русского физика Эмилия Ленца, одновременно, но независимо друг от друга открывших его) — закон, дающий количественную оценку теплового действия электрического тока.

При протекании тока по проводнику происходит превращение электрической энергии в тепловую, причём количество выделенного тепла будет равно работе электрических сил:

$$Q = W$$

Закон Джоуля — Ленца: количество тепла, выделяемого в проводнике, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени протекания.

$$Q = I^2Rt$$





Мощность — физическая величина, равная отношению работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени.

$P = \frac{\Delta A}{\Delta t}$  — средняя мощность

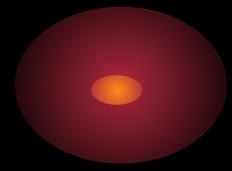
$P = \frac{dA}{dt}$  — мгновенная мощность

Так как работа является мерой изменения энергии, мощность можно определить также как скорость изменения энергии системы.

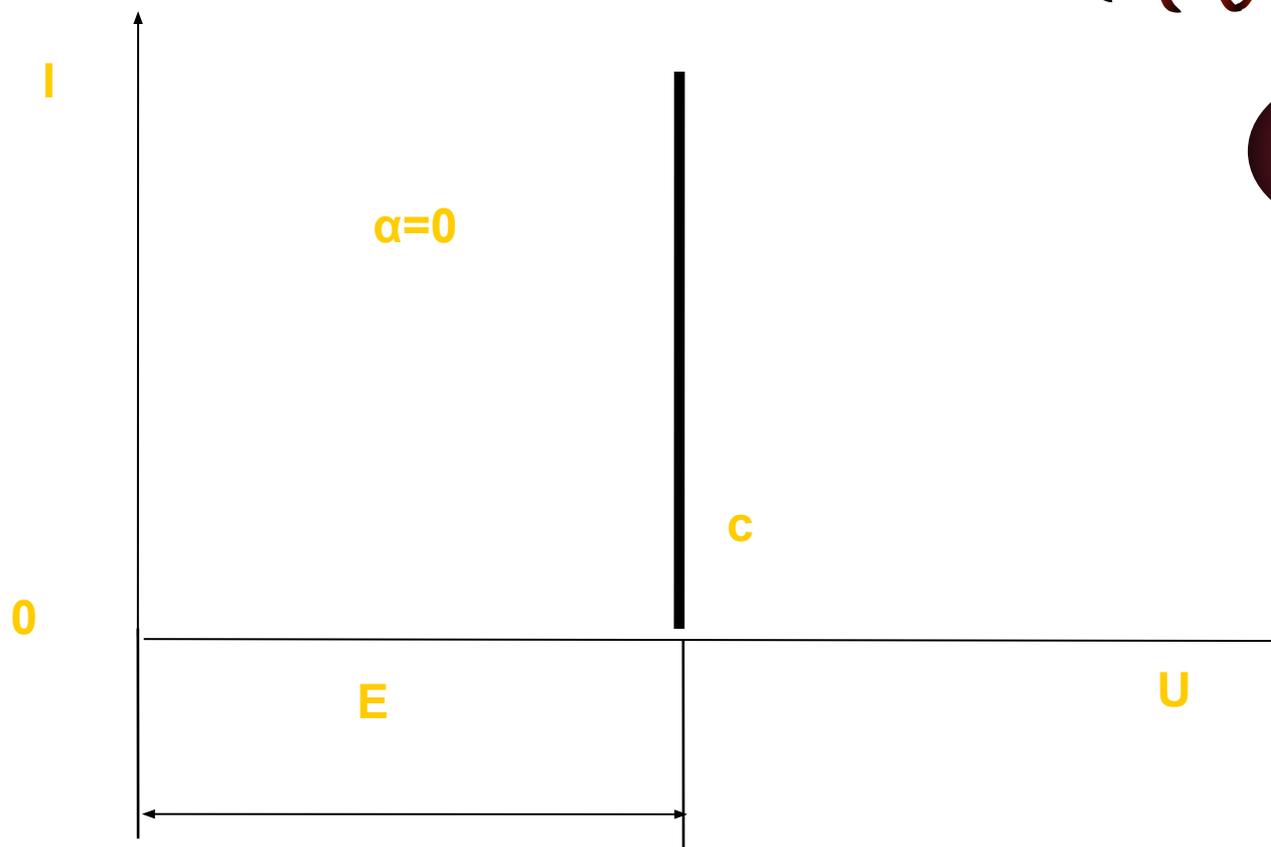


- **Электродвижущая сила** - характеристика источника энергии в электрической цепи.

**Электродвижущая сила** измеряется отношением работы сторонних сил по перемещению заряда вдоль контура к величине этого заряда. ЭДС измеряется в **ВОЛЬТАХ**.



*Источник Э.Д.С.* представляет собой такой идеализированный источник питания напряжение, на зажимах которого постоянно (не зависит от величины тока  $I$ ) и равно Э.Д.С.  $E$ , а внутреннее сопротивление равно нулю.

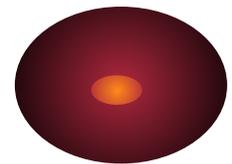


- 
- При протекании электрического тока под действием источника питания затрачивается определенная энергия.
  - Энергию часто определяют, как способность выполнять работу. В системе СИ единицей измерения работы является джоуль (Дж). Буквенным обозначением работы служит символ **A**.
  - Электрическое напряжение есть энергетическая характеристика поля вдоль рассматриваемого пути из одной точки в другую, которой оценивается возможность совершения работы при перемещении заряженных частиц между этими точками.

- Если для перемещения заряда в **1 Кл** из одной точки проводника в другую требуется энергия **1 Дж**, между этими точками существует разность потенциалов или напряжение **1 Вольт**.
- **Вольт** - единица напряжения в системе СИ. Буквенное обозначение напряжения - **U**.

$$U = \frac{A}{q} = \frac{W}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 \text{ [В]}$$

- Применяются также производные единицы от вольта: **1 кВ =  $10^3$  В**; **1 мВ =  $10^{-3}$  В**; **1 мкВ =  $10^{-6}$  В**.



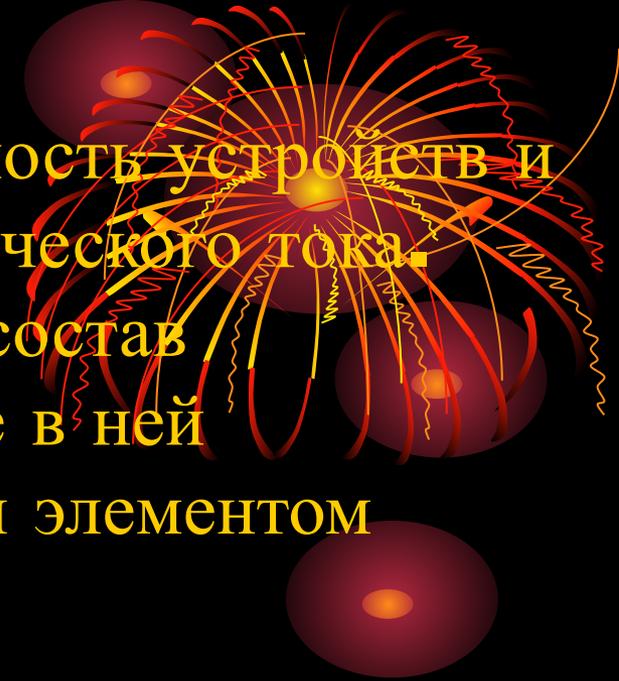
## закон Ома для всей цепи

- путь тока проходит не только по внешней части цепи, но также и по внутренней части цепи, т.е. внутри самого источника энергии.
- Электрический ток, проходя по внутренней части цепи, преодолевает ее внутреннее сопротивление и потому внутри источника также происходит падение напряжения.
- электродвижущая сила (э.д.с.) источника электрической энергии идет на покрытие внутренних и внешних потерь напряжения в цепи.
- Если  $E$  - электродвижущая сила в вольтах,  $I$  - ток в амперах,  $r$  - сопротивление внешней цепи в Омах,  $r_0$  - сопротивление внутренней части цепи в Омах,  $\Delta U_0$  - внутренняя потеря напряжения и  $U$  - напряжение внешней цепи, то

$$E = \Delta U_0 + U = Ir_0 + Ir = I(r_0 + r), \quad I = E / (R + r).$$

- ток в электрической цепи равен электродвижущей силе, деленной на сопротивление всей цепи (сумме внутреннего и внешнего сопротивлений).

- **Электрическая цепь** - это совокупность устройств и объектов, образующих путь электрического тока. Отдельное устройство, входящее в состав электрической цепи и выполняющее в ней определенную функцию, называется элементом электрической цепи.
- Электрическая цепь состоит из источника электрической энергии, потребителей и соединительных проводов, соединяющих источник электрической энергии с потребителем.



# Классификация электрической цепи

## *по виду тока:*

- постоянного тока;
- переменного тока;

## *по составу элементов:*

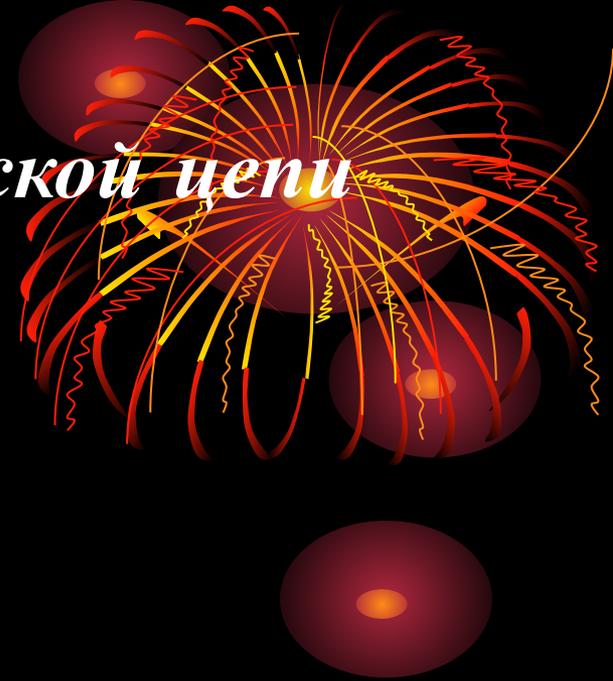
- активные цепи;
- пассивные цепи;
- линейные цепи;
- нелинейные цепи;

## *по характеру распределения параметров:*

- с сосредоточенными параметрами;
- с распределенными параметрами;

## *по числу фаз (для переменного тока):*

- однофазные;
- многофазные (в основном трехфазные).



## *Вспомогательные элементы электрической цепи:*

- управления (рубильники, переключатели, контакторы);
- защиты (плавкие предохранители, реле и т. д.);
- регулирования (реостаты, стабилизаторы тока и напряжения, трансформаторы);
- контроля (амперметры, вольтметры и т.д.)



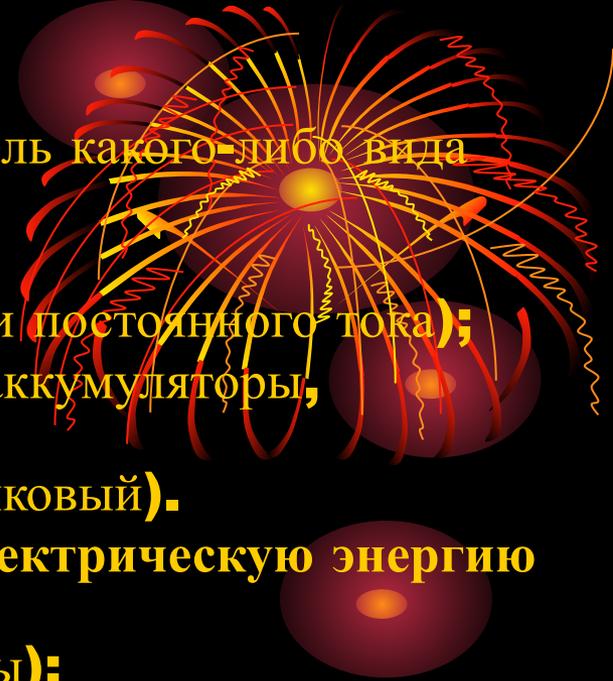
*Источник электрической энергии* - это преобразователь какого-либо вида неэлектрической энергии в электрическую.

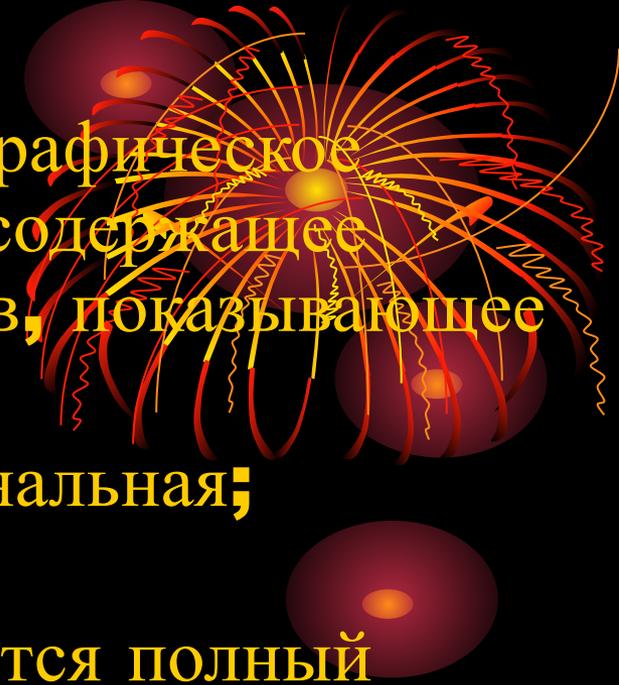
● **Виды преобразователей:**

- **электромеханический** (генераторы переменного и постоянного тока);
- **электрохимический** (гальванические элементы, аккумуляторы, топливные элементы);
- **термоэлектрический** (контактный, полупроводниковый).

*Приемники электрической энергии* преобразуют электрическую энергию в другие виды энергии:

- **механическую** (электродвигатели, электромагниты);
- **тепловую** (электропечи, сварочные аппараты, ... );
- **световую** (электролампы, прожекторы);
- **химическую** (аккумуляторы в процессе зарядки, электролитические ванны).



- 
- **Схема электрической цепи** - это графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения ее элементов, показывающее соединения этих элементов.
  - **Типы схем:** структурная; функциональная; принципиальная; монтажная и др.
  - На принципиальной схеме приводится полный состав элементов и указаны все связи между ними. Эта схема дает детальное представление о принципах работы изделия (установки).

# условные обозначения электроприборов



лампа



звонок



резистор



плавкий  
предохранитель



реостат



гальванический элемент,  
батарея элементов



вилка и  
розетка



клеммы



кнопка,  
выключатель



амперметр



вольтметр



электромагнит



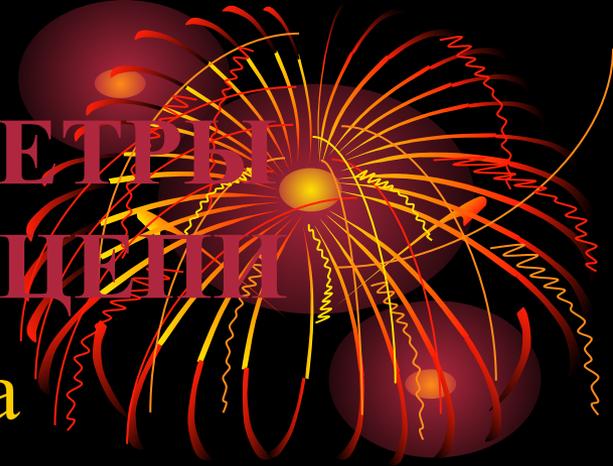
двигатель



генератор

# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

- Напряжение (Э.Д.С.) источника электрической энергии –  **$U(V)$** .
- Мощность источника электрической энергии –  **$P(W)$** .
- Сопротивление приемника электрической энергии –  **$R(Ohm)$** .
- Мощность приемника электрической энергии –  **$P(W)$** .



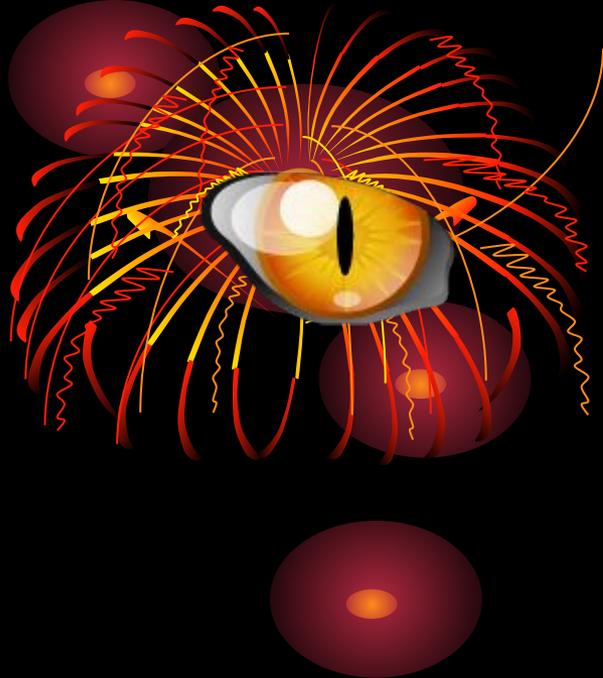


# ОСНОВНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК:

- 1. Наибольшие значения, которых достигают при своем изменении Э.Д.С., напряжения и токи называются амплитудными или максимальными значениями.
- 2. Время, за которое переменный ток совершает полный цикл своих изменений после чего они повторяются в той же последовательности, называется периодом
- Период обозначается буквой  $T$ , измеряется в секундах.
- 3. Величина, определяющая количество периодов переменного тока за одну секунду, называется линейной частотой или просто частотой.
- 4. Угол, изменяющийся во времени и характеризующий стадию изменения тока, напряжения, э.д.с. в данный момент времени называется фазой или фазным углом.
- 5. Начальным фазным углом называется величина фазного угла в начальный момент времени равной нулю.  $i = I_m \sin(\omega t + \psi)$ , при  $t=0$   $i = I_m \sin \psi$ .
- 6. Величина, определяющая скорость изменения фазного угла называется угловой частотой.  $\omega = d\alpha/dt$ ,  $\omega t = 2\pi$ ;  $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ .

- 7. Значение величин тока, напряжения и Э.Д.С. в любой момент времени называется мгновенным значением.





КОНЕЦ