

Основные определения, элементы и параметры электрических цепей

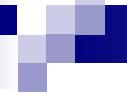
ЛЕКЦИЯ 1/2

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

- Электрическая цепь и ее основные параметры.
- Источник Э.Д.С. и источник тока.
Мощность.
- Постоянный ток. Определение и основные параметры.
- Основные величины,
характеризующие переменный ток.

Учебный вопрос №1

- Электрическая цепь и ее основные параметры.



- **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;

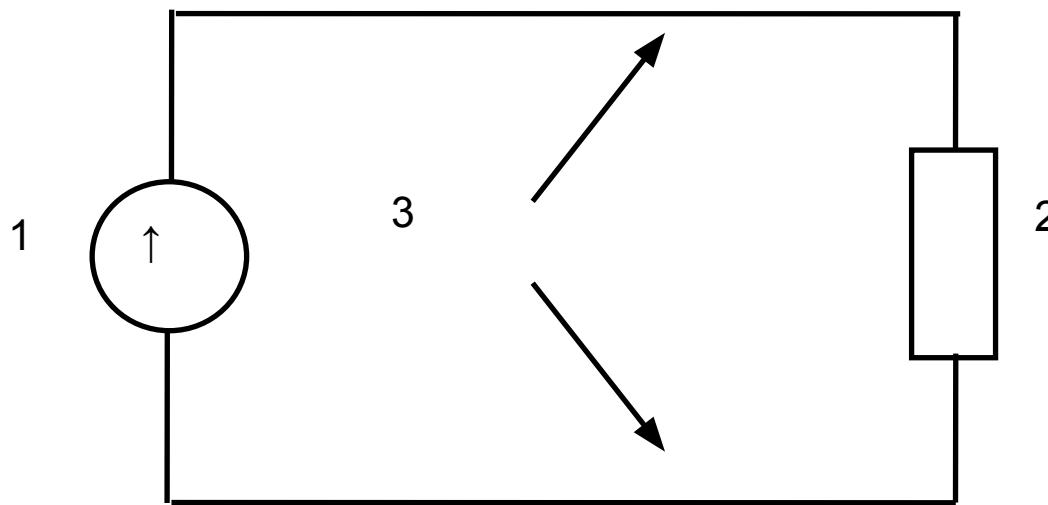
по характеру распределения параметров:

- с сосредоточенными параметрами;
- с распределенными параметрами;

по числу фаз (для переменного тока):

- однофазные;
- многофазные (в основном трехфазные).

Простейшая электрическая цепь



Основные элементы простейшей электрической цепи:

- 1 - источник электрической энергии;
- 2 - приемники электрической энергии;
- 3 - соединительные провода.

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



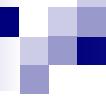
двигатель



генератор

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

- Напряжение (Э.Д.С.) источника электрической энергии – $U(V)$.
- Мощность источника электрической энергии – P (Вт).
- Сопротивление приемника электрической энергии – $R(\Omega)$.
- Мощность приемника электрической энергии – P (Вт).



- **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.

Электродвижущая сила

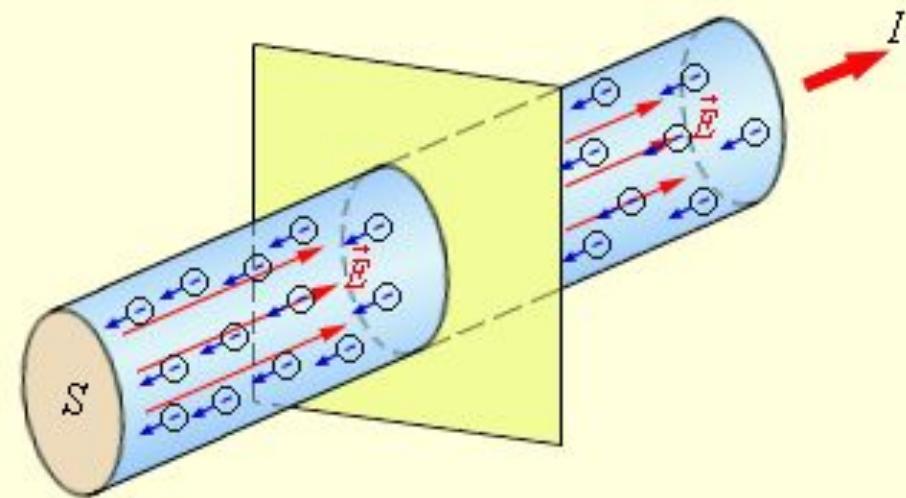
- (ЭДС), физическая величина, характеризующая действие сторонних **сил** в источниках постоянного или переменного тока; в замкнутом проводящем контуре равна работе этих **сил** по перемещению единичного положительного заряда вдоль контура. Если через **E** обозначить напряжённость поля сторонних сил, то эдс в замкнутом контуре (L) равна

$$E = \oint \mathbf{E} dl$$

где dl - элемент длины контура.

- Потенциальные силы электростатического (или стационарного) поля не могут поддерживать постоянный ток в цепи, т. к. работа этих сил на замкнутом пути равна нулю. Прохождение же тока по проводникам сопровождается выделением энергии - нагреванием проводников. Сторонние силы приводят в движение заряженные частицы внутри источников тока: генераторов, гальванических элементов, аккумуляторов и т. д. Происхождение сторонних сил может быть различным. В генераторах сторонние силы - это силы со стороны вихревого электрического поля, возникающего при изменении магнитного поля со временем, или Лоренца сила, действующая со стороны магнитного поля на электроны в движущемся проводнике; в гальванических элементах и аккумуляторах - это химические силы и т. д. ЭДС определяет силу тока в цепи при заданном её сопротивлении.
- Измеряется ЭДС, как и напряжение, в вольтах.

- **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.



Упорядоченное движение электронов в металлическом проводнике и ток I .

S – площадь поперечного сечения

проводника,

\overrightarrow{E} – электрическое поле.

сила тока I – скалярная физическая величина, равная отношению заряда Δq , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени Δt , к этому интервалу времени:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

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.

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, мм²;

ρ - удельное сопротивление проводника, Ом×мм²/м.

- Удельное сопротивление - сопротивление проводника длиной 1 м и сечением 1 мм² 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,

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

- 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 А.
- 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.

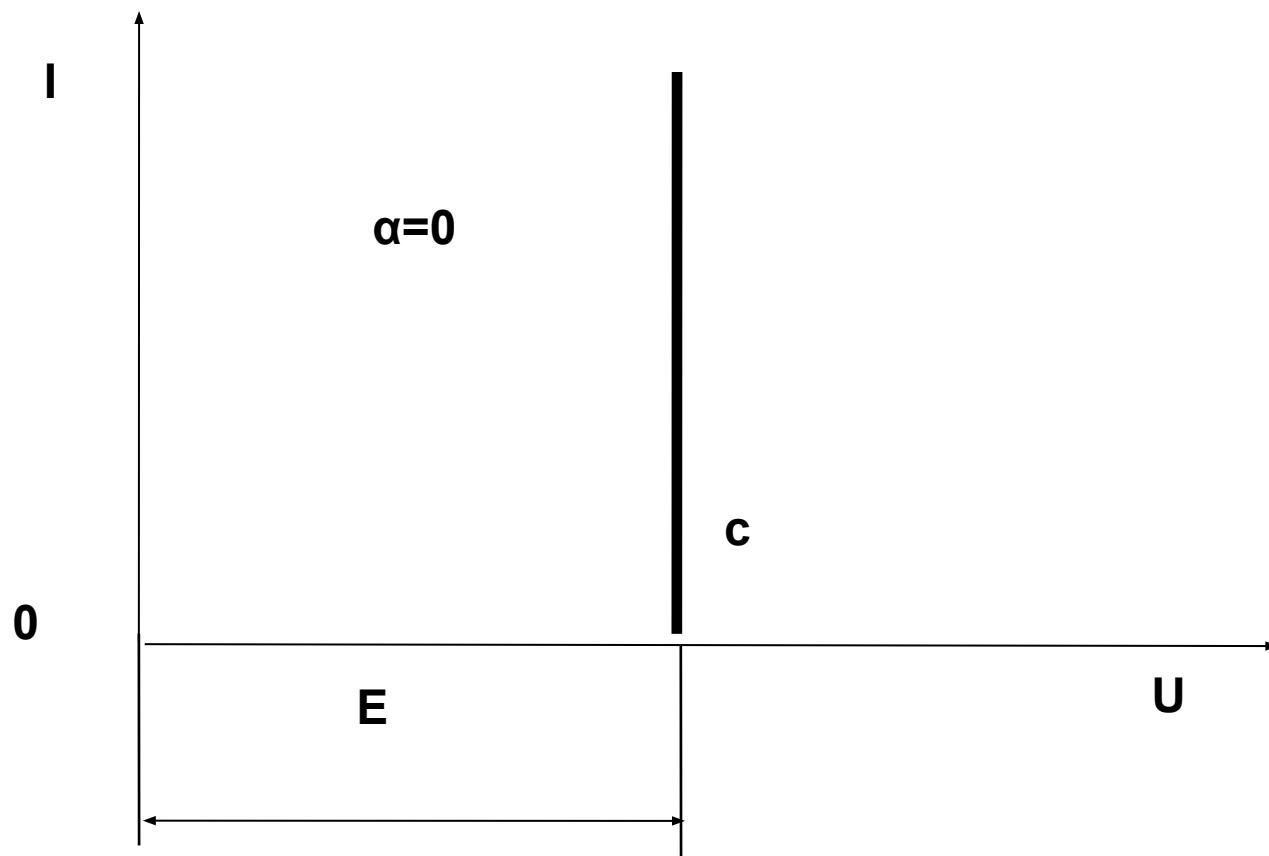
$$U = \frac{A}{q} = \frac{W}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 \text{ [В]}$$

- Применяются также производные единицы от вольта: 1 кВ=10³ В; 1 мВ=10⁻³ В; 1 мкВ=10⁻⁶ В.

Учебный вопрос №2

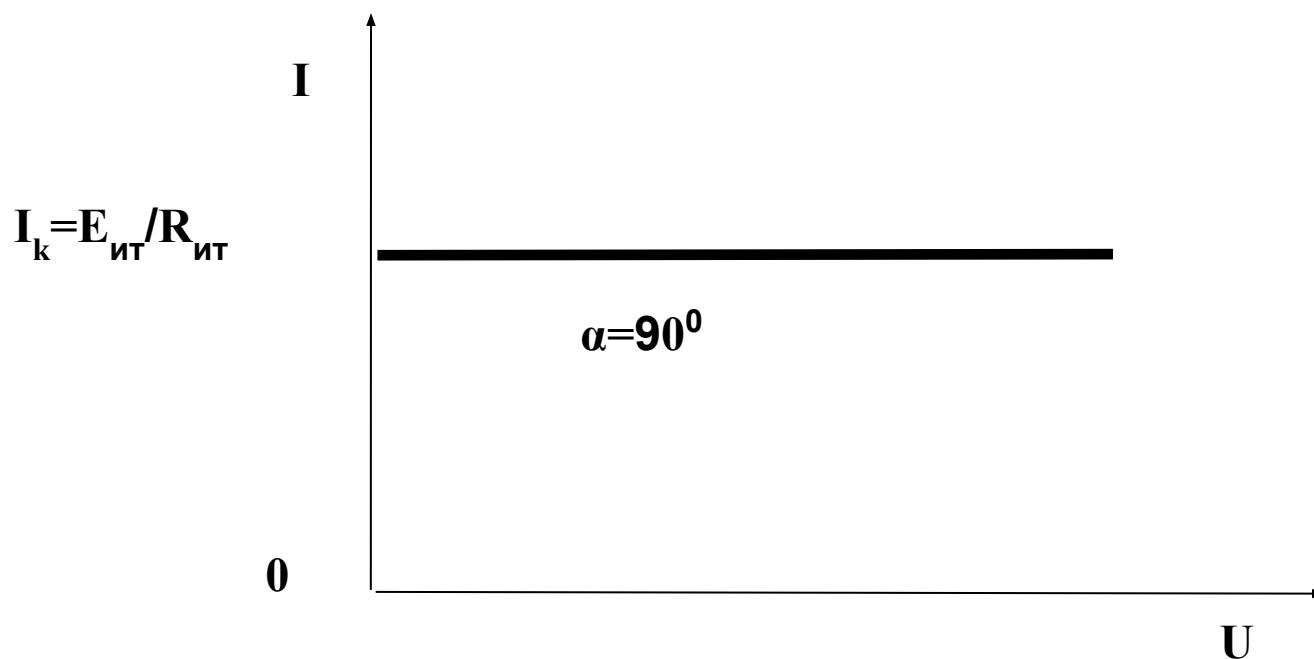
- Источник Э.Д.С. и источник тока.
Мощность.

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.





Источник тока представляет собой идеализированный источник питания, который дает ток $I=I_k$, не зависящий от сопротивления нагрузки, к которой он присоединен, а Э.Д. С. его $E_{ит}$ и внутреннее сопротивление $R_{ит}$ равны бесконечности.



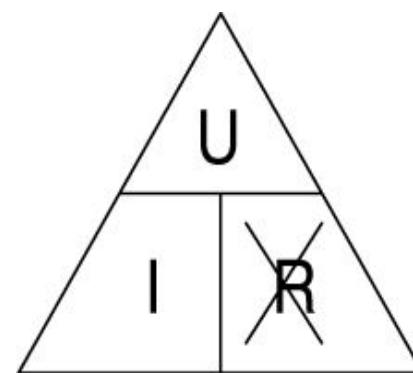
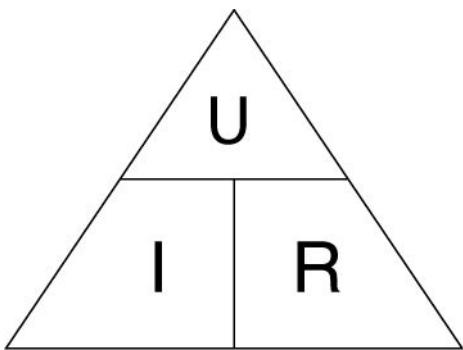
Законы Ома.

закон Ома для участка цепи

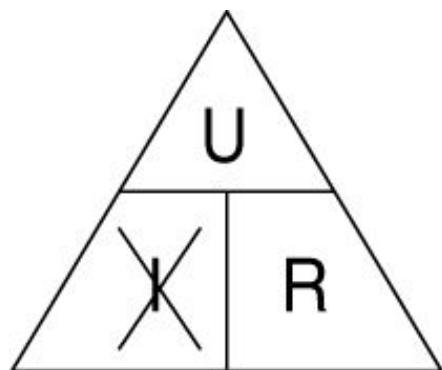
- Электрический ток на участке цепи **прямопропорционален напряжению на этом участке и обратно пропорционален сопротивлению того же участка.**

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

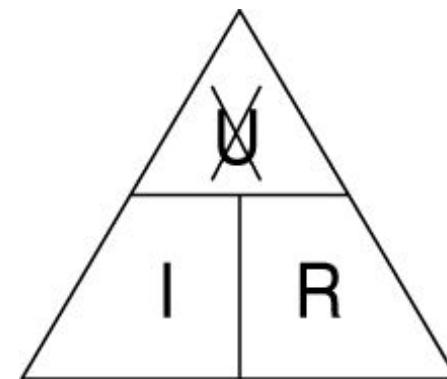
- При постоянном напряжении ток в цепи будет тем больше, чем меньше сопротивление этой цепи, причем ток в цепи увеличивается во столько раз, во сколько раз уменьшается сопротивление цепи.



$$R = \frac{U}{I}$$



$$I = \frac{U}{R}$$



$$U = I R$$

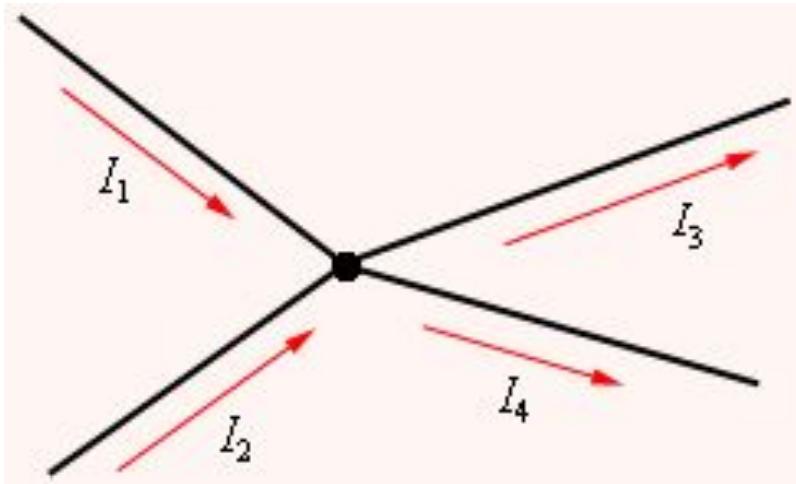
закон Ома для всей цепи

- 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, ΔU_0 -внутренняя потеря напряжения и U - напряжение внешней цепи, то

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

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

первый закон Кирхгофа



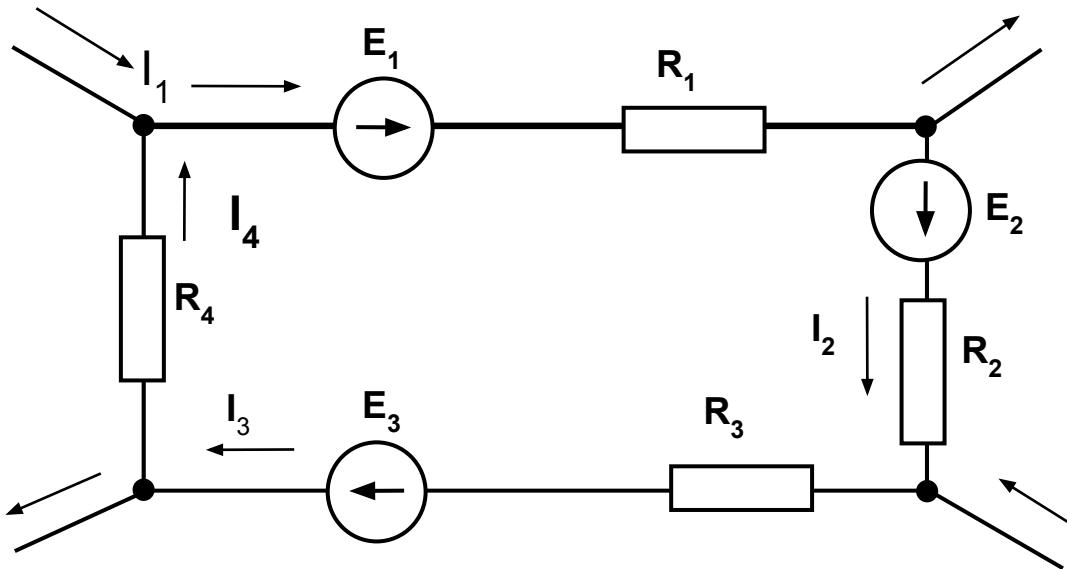
В ветвях, образующих узел электрической цепи, алгебраическая сумма токов равна нулю. $\Sigma I = 0$.

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0.$$

сумма токов, направленных к узлу электрической цепи, равна сумме токов, направленных от этого узла.

Этот закон следует из принципа непрерывности тока. Если допустить преобладание в узле токов одного направления, то заряд одного знака должен накапливаться, а потенциал узловой точки непрерывно изменяться, что в реальных цепях не наблюдается.

второй закон Кирхгофа



Обходим контур в произвольном направлении, например по часовой стрелке. Если направления Э.Д.С. и токов совпадают с направлением обхода контура то Э.Д.С. (E) и падения напряжений (Ir) берутся со знаком плюс, если не совпадают - со знаком минус:

$$E_1 - E_2 + E_3 = I_1 r_1 + I_2 r_2 + I_3 r_3 + I_4 r_4$$

Или в общем виде:

$$\Sigma E = \Sigma Ir$$

- **второй закон Кирхгофа.** во всяком замкнутом контуре алгебраическая сумма электродвижущих сил равна алгебраической сумме падений напряжений.
- Первый и второй законы Кирхгофа, записанные для всех независимых узлов и контуров разветвленной цепи, дают в совокупности необходимое и достаточное число алгебраических уравнений для расчета электрической цепи.
- Таким образом, законы Кирхгофа сводят расчет разветвленной электрической цепи к решению системы линейных алгебраических уравнений.

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

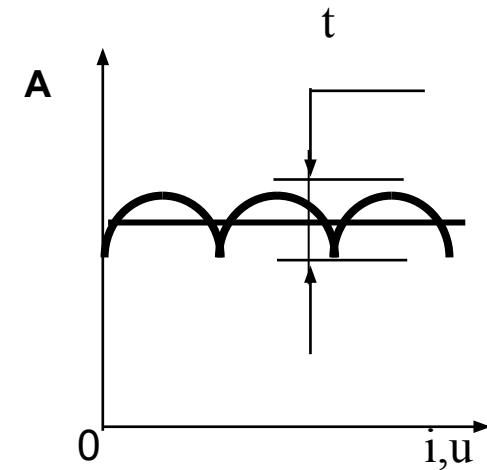
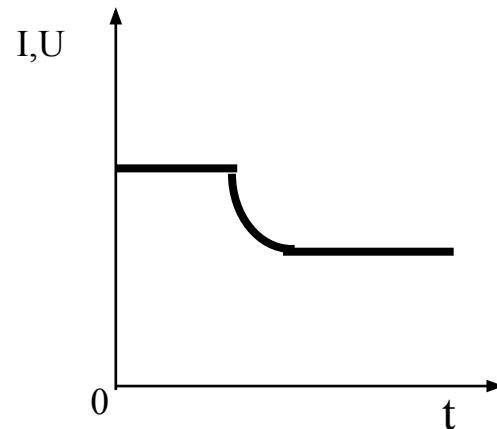
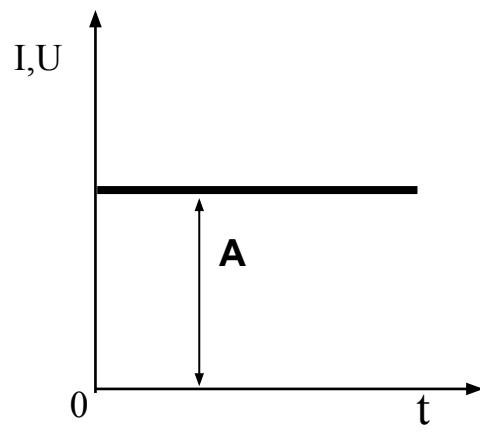
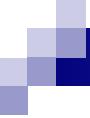
$$P = \frac{A}{t}, [\text{Вт} = \text{Дж/С}]$$

- Мощность можно выразить также через напряжение и ток. $P=UI, [\text{Вт}=\text{ВА}]$
- Кроме ватта, применяются также производные единицы $1 \text{ мВт}=10^{-3} \text{ Вт}$; $1 \text{ кВт}=10^3 \text{ Вт}$; $1 \text{ МВт}=10^6 \text{ Вт}$.

Учебный вопрос №3

- Постоянный ток. Определение и основные параметры.

- Под цепями постоянного тока подразумеваются 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) – $\Delta U(\Delta I)$.

Учебный вопрос №4

- Основные величины, характеризующие переменный ток.

- Переменным током называется ток, который во времени изменяется по величине и направлению либо только по величине, либо только по направлению.

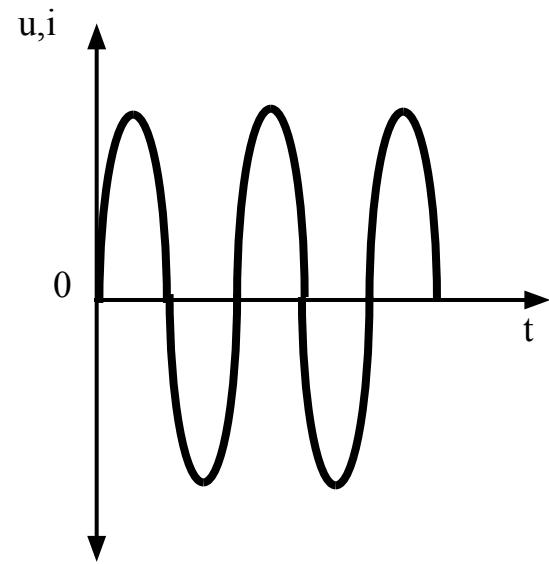
Переменные токи могут быть периодическими и непериодическими.

- **Определение:** Периодическим называется ток, значения которого повторяются через равные промежутки времени.

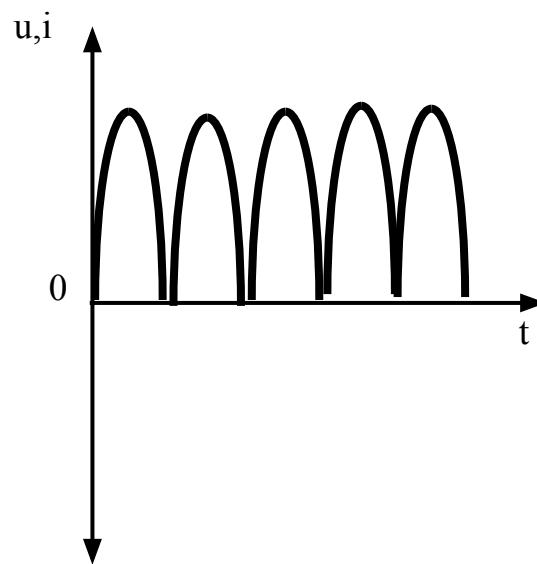
Переменные токи могут быть синусоидальными и несинусоидальными.

- **Определение:** Синусоидальным током называется ток, который в течение времени изменяется по синусоидальному закону.

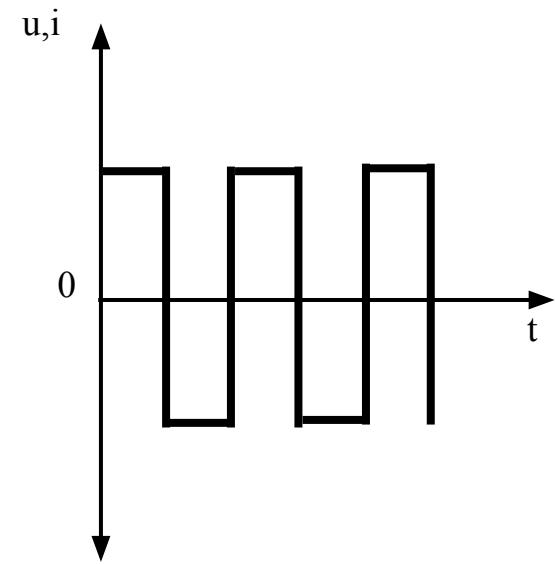
Формы переменного тока.



а) изменяется по величине
и по направлению



б) изменяется только
по величине



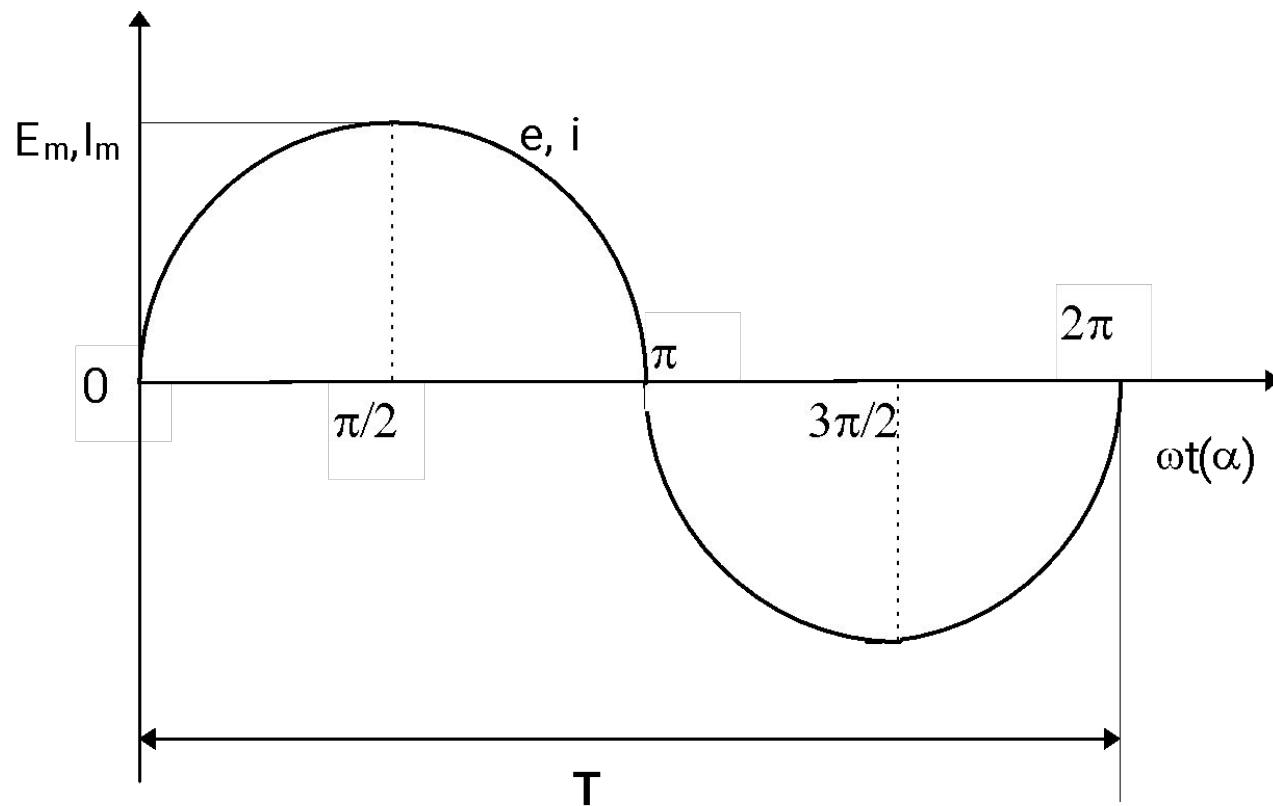
в) изменяется только
по направлению

- Синусоидальную Э.Д.С. можно получить, вращая с постоянной скоростью проводник в виде прямоугольной рамки в равномерном магнитном поле. В результате вращения рамки в магнитном поле в сторонах ее будет индуцироваться Э.Д.С., величина которой определяется по формуле:

$$e = 2BVIs \sin \alpha,$$

- где: В - магнитная индукция, Тл; V - скорость движения проводника, м/с; I - активная длина проводника, м; α - угол между нейтралью и плоскостью, проходящей через рамку, в радианах или градусах.

Если $2VI$ обозначить E_m , то формулу для определения индуцированной Э.Д.С. можно записать: $e = E_m \sin \alpha$.



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 Т, 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. $\omega = da/dt$, $\omega t = 2\pi$; $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$.