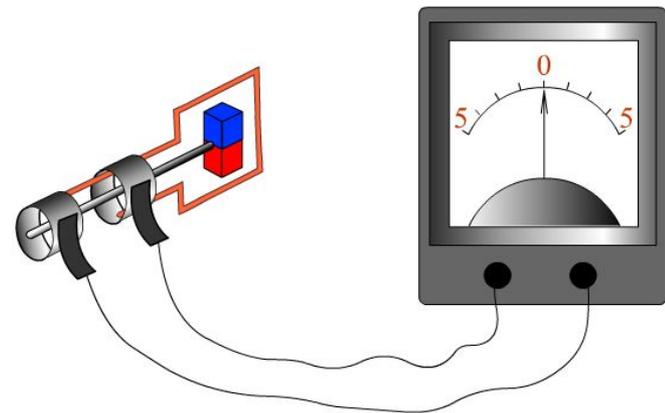
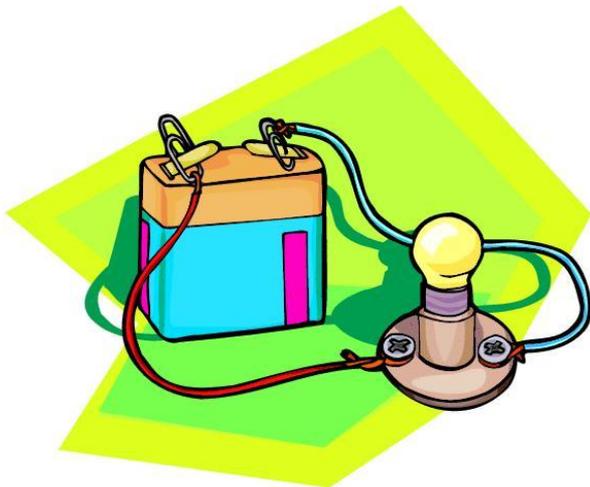


# Электрические цепи переменного тока



**Картофелечистка**  
а



**Протирочная машина**



**Тестомесильная машина**



**Хлебрезка**

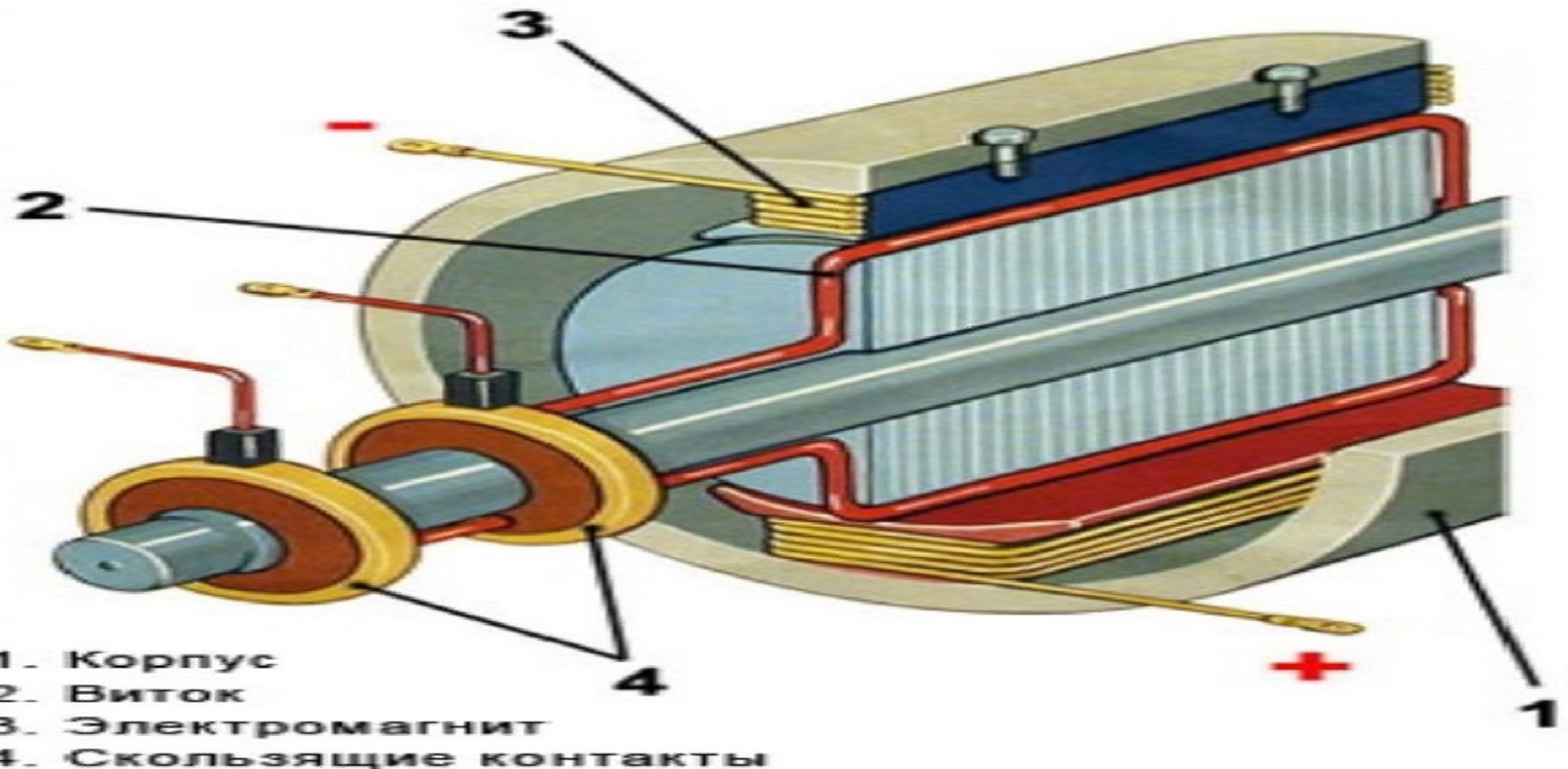


**Электромясорубка**

# §1. Общие положения

*Электрический ток величина и направление которого меняются с течением времени называется **ПЕРЕМЕННЫМ**, т.е. представляет собой вынужденные электромагнитные колебания.*

## Схема генератора



**ИТАК! ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК** – это электрический ток, который *изменяется с течением времени по гармоническому (синусоидальному) закону.*

$$I = I_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

амплитуда колебаний

частота колебаний

фаза колебаний

По *теореме Фурье любое колебание можно представить как СУММУ гармонических колебаний.*

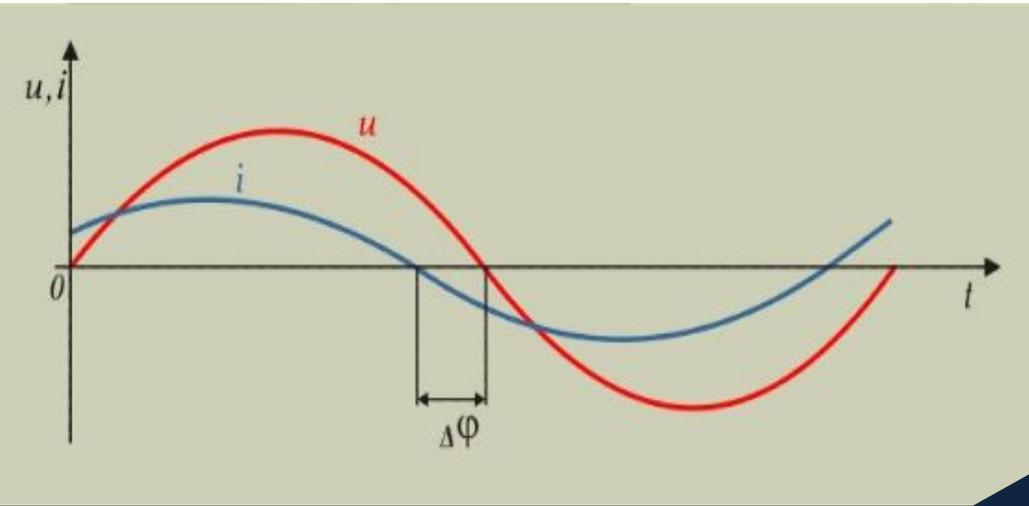
**Т. о., синусоидальные или гармонические колебания являются одновременно:**

**и самым важным**

**и самым простым**

**типом колебаний**

# 1.2. Общие соотношения между напряжением и силой тока



**Фаза колебаний силы тока может не совпадать с фазой колебаний напряжения.**

**Сдвиг фаз между колебаниями тока и напряжения.**

**В общем случае мгновенное значение напряжения и силы тока можно определить:**

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

**ИЛИ**

$$u = U_m \cos \omega t$$

$$i = I_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$\varphi$  — сдвиг фаз между колебаниями тока и напряжения

$I_m$  — амплитуда тока, А.

# 1.3. Действующие значения напряжения и силы тока

**ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ**  
**Действующее значение**  
**силы переменного тока**  
**РАВНО силе постоянного**  
**тока, выделяющего в**  
**проводнике ТО ЖЕ**  
**количество теплоты,**  
**ЧТО и переменный ток за**  
**то же время.**

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Действующее значение  
напряжения:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Когда говорят, что напряжение в городской электрической сети составляет 220 В, то речь идёт НЕ о *мгновенном значении* напряжения и НЕ его *амплитудном значении*, а о **ДЕЙСТВУЮЩЕМ ЗНАЧЕНИИ**.

Когда на электроприборах указывают силу тока, на которую они рассчитаны, то также имеют в виду действующее значение силы **ТОКА**.

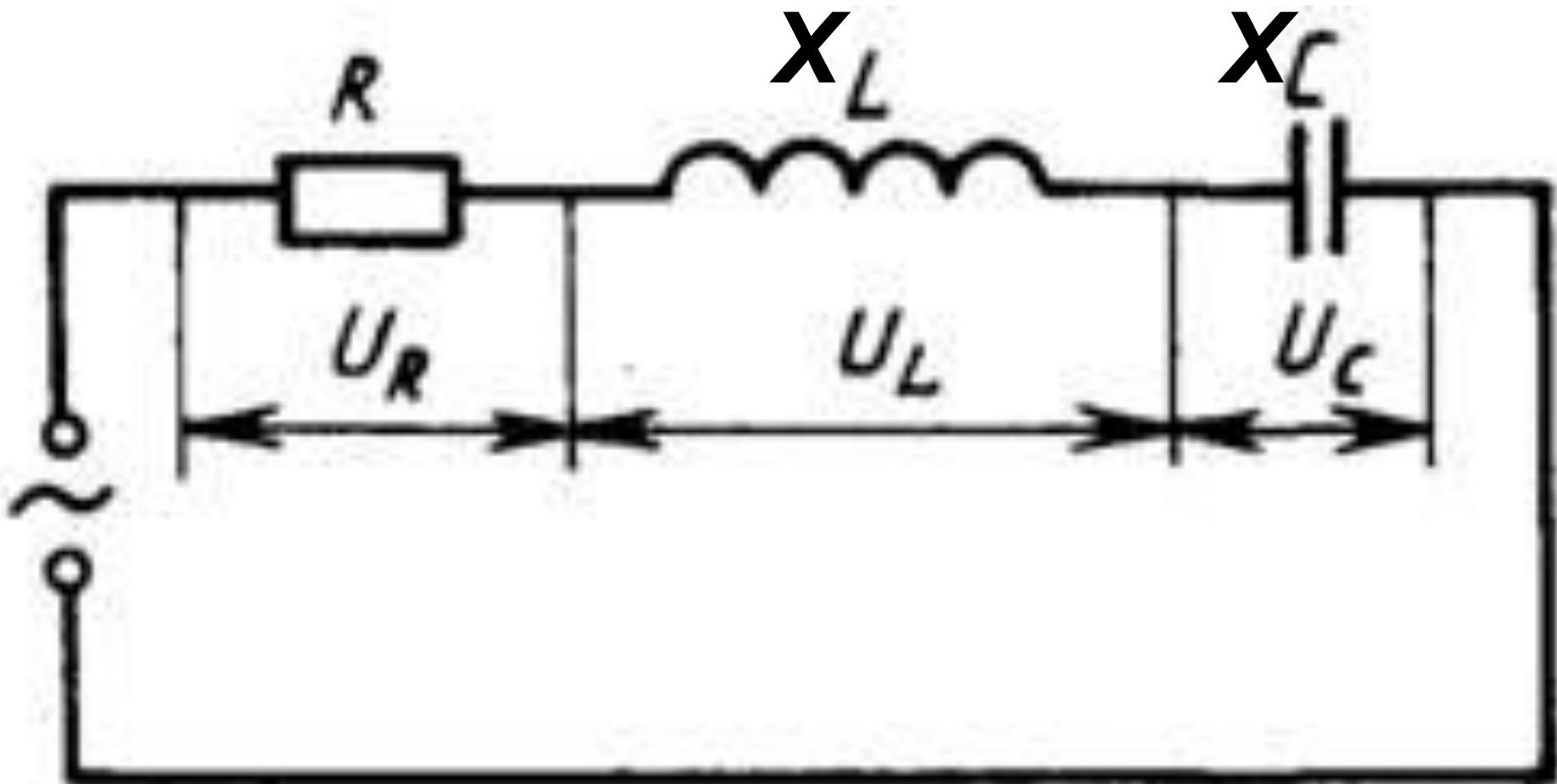


Переменный ток представляет собой вынужденные электромагнитные колебания, в которых сила тока в цепи изменяется со временем по гармоническому закону;

Получение переменной ЭДС в цепи основано на явлении электромагнитной индукции;

**ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ** переменного тока и напряжения равны значениям постоянного тока и напряжения при которых в цепи с тем же активным сопротивлением выделялась бы та же энергия;

## §2. Активное, индуктивное и емкостное сопротивления в цепи переменного тока



# В цепях переменного тока различают три вида сопротивлений:

## АКТИВНОЕ

*Сопротивление переменному току со стороны материала проводника (нагревается, т.е. потребляет мощность).*

## ИНДУКТИВНОЕ

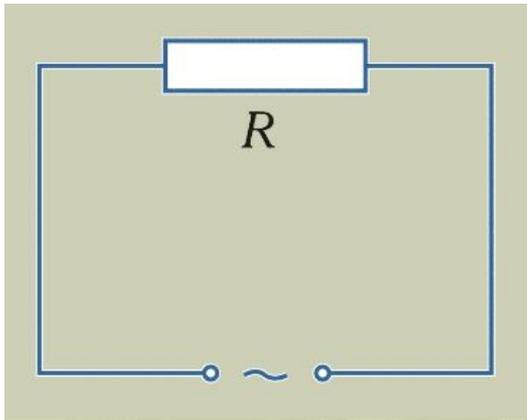
*В цепи переменного тока в катушке индуктивности индуцируется э.д.с. самоиндукции (т. к. магнитный поток, пронизывающий витки катушки, изменяется) => препятствует нарастанию тока при его увеличении и уменьшению тока при спаде. Действие индуктивности при переменном токе подобно сопротивлению. С увеличением индуктивности сопротивление увеличивается.*

## ЕМКОСТНОЕ



В цепи течет ток заряда или разряда конденсатора, величина которого зависит от емкости конденсатора: чем больше емкость, тем больше ток (заряда и разряда) => конденсатор можно рассматривать как некоторое сопротивление переменному току <= возникает вследствие того, что при заряде конденсатора между его обкладками возникает напряжение ( $U_c$ ), направленное навстречу напряжению, которое приложено на зажимах.

## 2.1. Резистор в цепи переменного тока



Электрические устройства, преобразующие электрическую энергию во внутреннюю, называются **активными сопротивлениями**

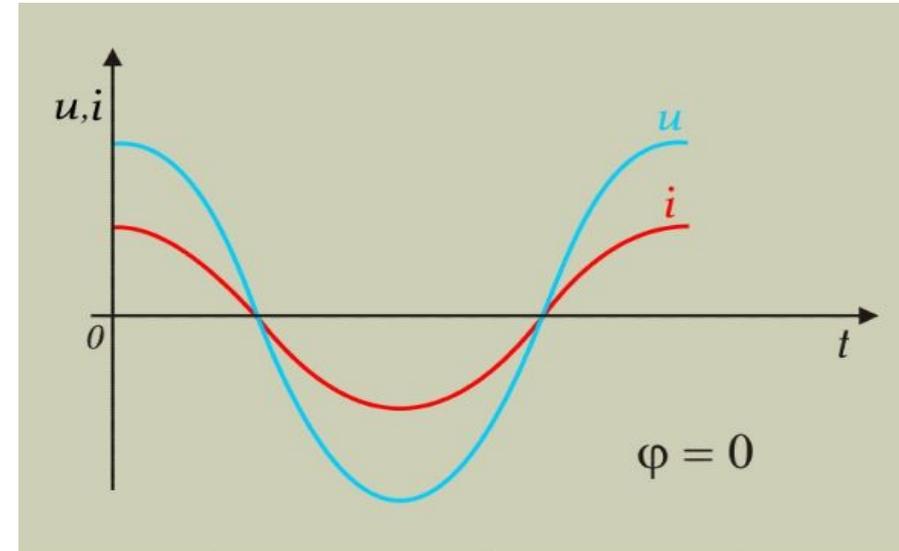
*Мгновенное значение силы тока прямо пропорционально мгновенному значению напряжения - по закону Ома :*

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cdot \cos \omega t}{R} = I_m \cdot \cos \omega t$$

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

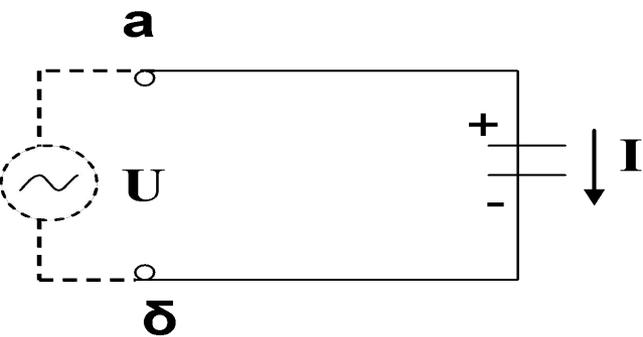
При небольших значениях частоты переменного тока активное сопротивление НЕ зависит от частоты и совпадает с электрическим сопротивлением в цепи постоянного тока.

В цепи с активным сопротивлением сдвиг фаз между колебаниями силы тока и напряжения равен нулю, т.е. колебания силы тока совпадают по фазе с колебаниями напряжения.



## 2.2. Конденсатор в цепи переменного тока

Пусть на конденсатор  
подано напряжение



$$\varphi_A - \varphi_B = U = q/C,$$

НО! Так как  $I = dq/dt$ , то

$$q = \int I \cdot dt$$

Поскольку ток  
меняется по закону,

$$I = I_0 \cdot \sin \omega t$$

Тогда

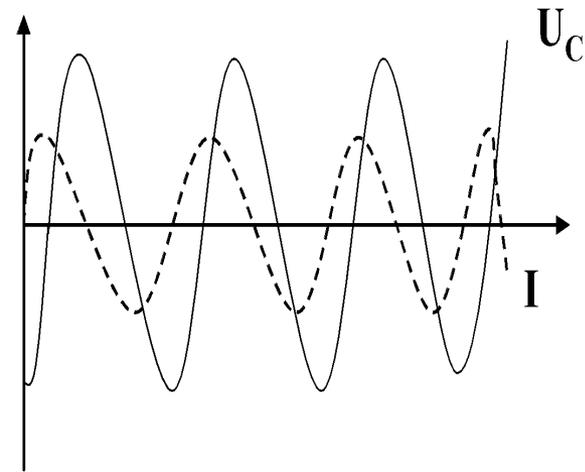
$$q = \int I_0 \cdot \sin \omega t \cdot dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t + q_0 = 0$$

Постоянная интегрирования  $q_0$  - заряд, не связанный с колебаниями тока, поэтому можно считать  $q_0 = 0$ .



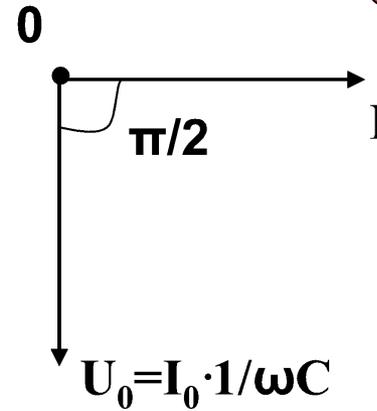
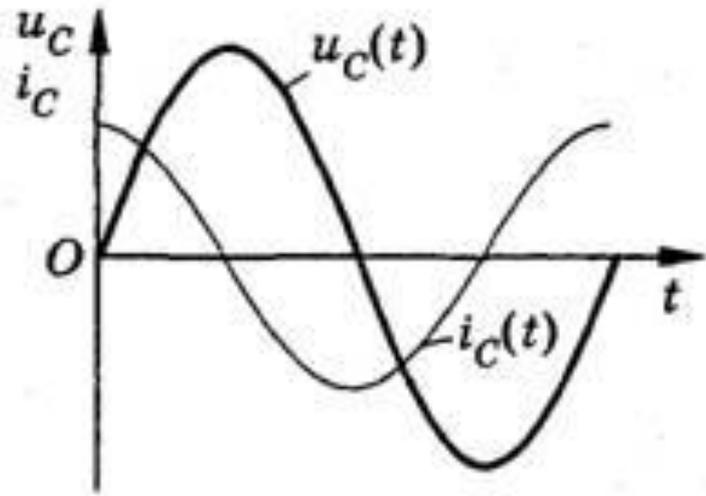
**ОТСЮДА**

$$U = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t = -\frac{I_0}{\omega C} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) = \frac{I_0}{\omega C} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$



- Следовательно, колебания напряжения на обкладках конденсатора в цепи переменного тока отстают по фазе от колебаний силы тока на  $\pi/2$  =>
- В момент, когда конденсатор начинает заряжаться, сила тока максимальна, а напряжение равно нулю.
- После того как напряжение достигает максимума, сила тока становится равной нулю и т.д.

Физический смысл: **ЧТОБЫ** вошло напряжение на конденсаторе, должен натечь заряд за счет протекания тока в цепи. **ОТСЮДА** - отставание напряжения.



Векторная диаграмма

**Отношение амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе к амплитуде колебаний силы тока называют емкостным сопротивлением конденсатора (обозначается  $X_C$ ):**

$$U_0 = I_0 \frac{1}{\omega C}$$

**а по закону Ома  $U = I \cdot R$**

**Величина**

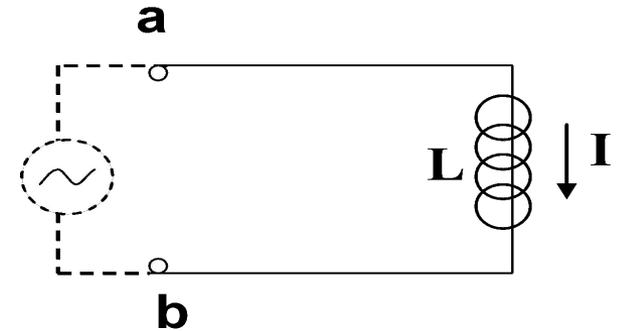
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

**играет роль сопротивления участка цепи**

**Она называется ЕМКОСТНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ**

## 2.3. Индуктивность в цепи переменного тока

Пусть напряжение подается на концы катушки с индуктивностью  $L$ .



**ИНДУКТИВНОСТЬ** контура с током – это коэффициент пропорциональности между протекающим по контуру током и возникающем при этом магнитным потоком.

Индуктивность  $L$  зависит от формы и размеров контура, а также свойств среды

$$\Phi = L \cdot I$$

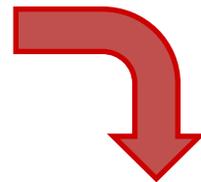
При наличии переменного тока в катушке индуктивности возникнет ЭДС самоиндукции

$$\mathcal{E}_s = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \quad \leftarrow \Phi = L \cdot I$$

Закон Ома запишется следующим образом:

$$U = I \cdot R - \mathcal{E}_s$$

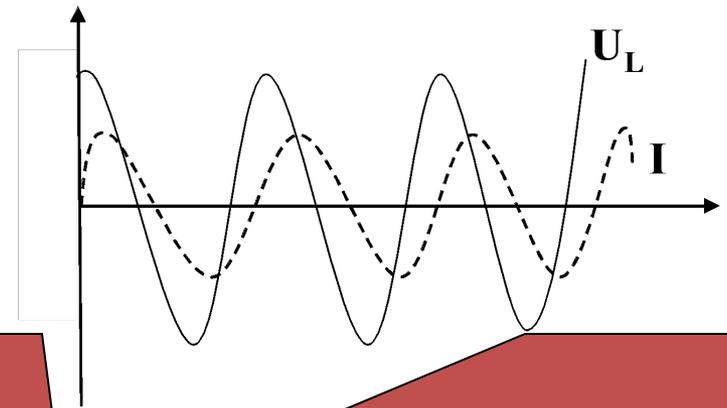
*(Note: In the original image, the term  $I \cdot R$  is circled in red and has a red arrow pointing to it from the text "следующим образом:", and a red arrow points from the equation above to the  $\Phi = L \cdot I$  term in the previous block.)*



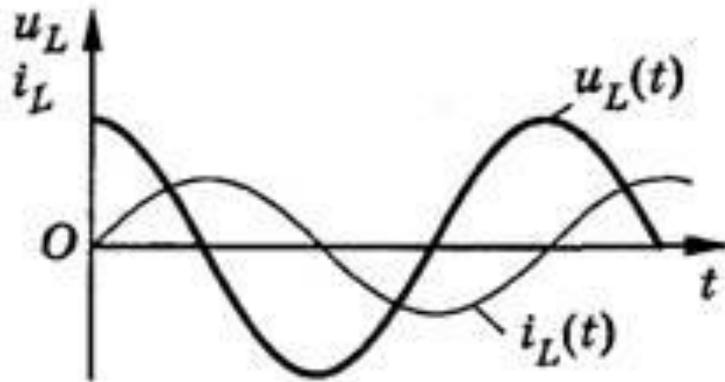
**ТОГДА:**

$$U = L \frac{dI}{dt} = L \frac{d}{dt} [I_0 \sin \omega t] = I_0 \omega L \cos \omega t = I_0 \omega L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

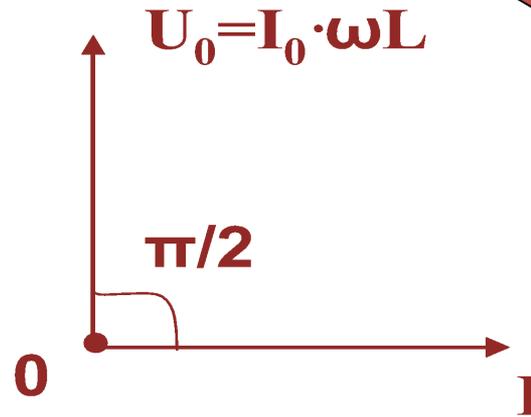
**Таким образом, колебания напряжения на индуктивности  
ОПЕРЕЖАЮТ колебания тока на  $\pi/2$ .**



- Физический смысл:  $R=0$ , внешнее напряжение не уравнивает ЭДС самоиндукции  $U = -\mathcal{E}_s$ .
- Но  $\mathcal{E}_s$  пропорциональна НЕ мгновенному значению тока, А быстроте его изменения, которая будет макс. когда ток проходит через ноль.
- Поэтому нулевые значения ТОКА СОВПАДАЮТ с макс. U



$$U_0 = I_0 \cdot \omega L = I_0 \cdot R_L$$



Векторная диаграмма

**Отношение амплитуды колебаний напряжения на индуктивности к амплитуде колебаний силы тока называют ИНДУКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ катушки индуктивности (обозначается  $X_L = \omega L$ )**

**Если индуктивность измеряется в Генри, а частота  $\omega$  в  $\text{с}^{-1}$ , то  $X_L$  будет выражаться в Ом.**

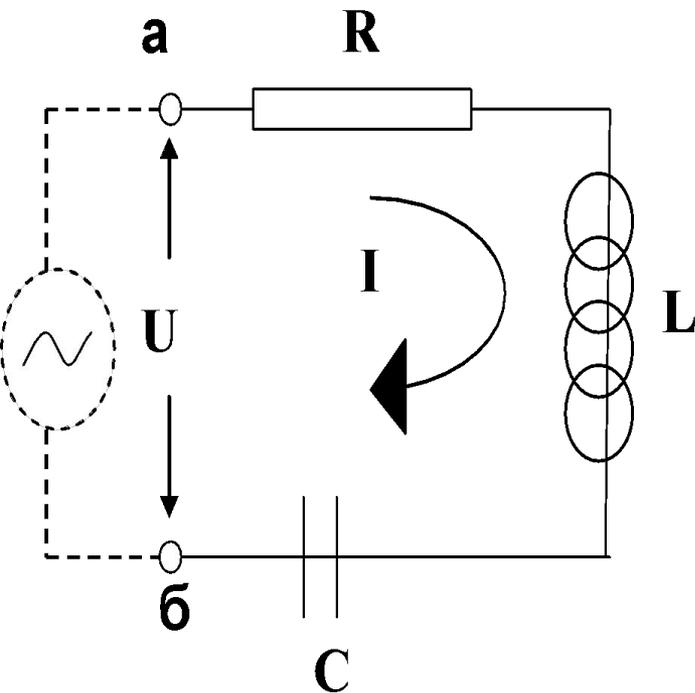
## 2.4. Закон Ома для переменного тока

Электрическая цепь состоит из последовательно соединенных резистора, конденсатора и катушки.

К выводам цепи приложено напряжение, изменяющееся по гармоническому закону с частотой  $\omega$  и амплитудой  $U_m$ .

В цепи возникнут вынужденные колебания силы тока с той же частотой и некоторой амплитудой  $I_m$ .

$$I = I_0 \cdot \sin \omega t$$

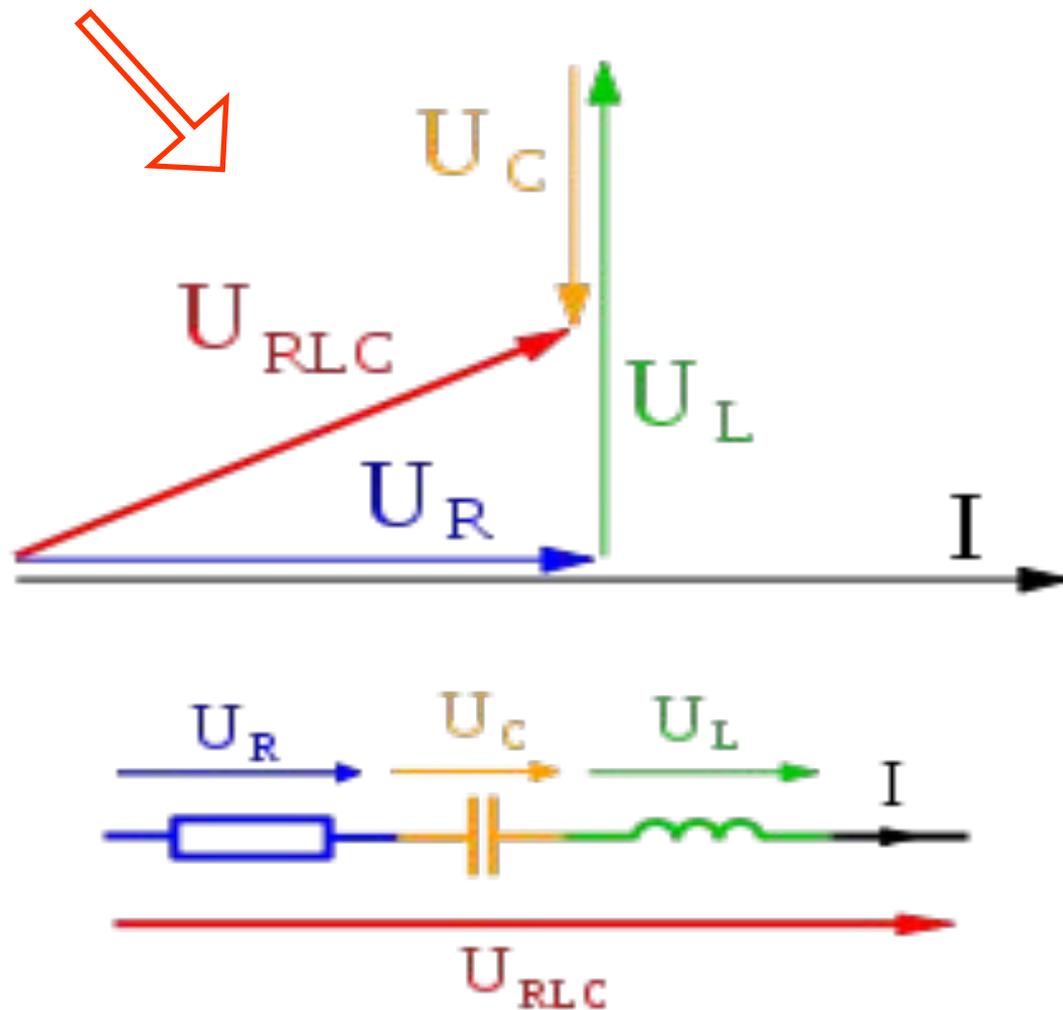


При последовательном соединении падения напряжения на каждом из элементов цепи складываются.

Напряжение всей цепи, графическая сумма падения напряжения на каждом элементе цепи.



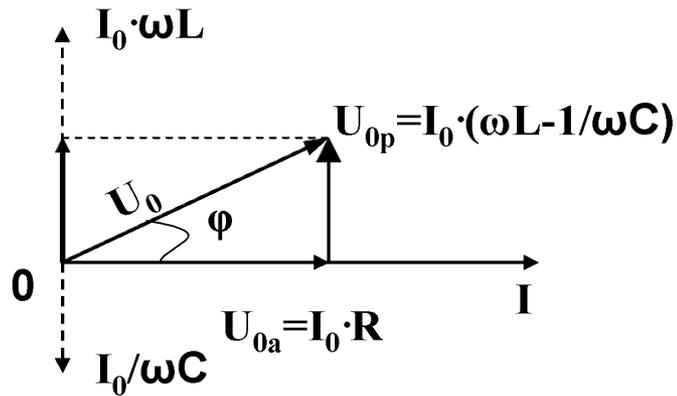
С учетом сдвига фаз между  $U_R$ ,  $U_C$  и  $U_L$  векторная диаграмма будет иметь вид



При построении  
векторной диаграммы  
складываются  
**АМПЛИТУДНЫЕ**  
значения  
напряжений!

ОТСЮДА

Напряжения  $U_R, U_C$  и  $U_L$  в сумме равны приложенному  $U$ .  $\Rightarrow$   
Сложив векторы  $U_R, U_C$  и  $U_L$ , получаем вектор, длиной  $U_0$



Амплитуду полного  
напряжения можно найти  
как модуль суммы  
векторов:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = I_0 \cdot Z$$

**Z** - полное сопротивление цепи  
или **ИМПЕДАНС**

Полный закон Ома  
для переменного тока

# §3. Мощность в цепи переменного тока

Действующие значения напряжения и силы тока фиксируются электроизмерительными приборами и позволяют непосредственно вычислять мощность переменного тока.

Мощность в цепи ПЕРЕМЕННОГО ТОКА определяется теми же соотношениями, что и мощность ПОСТОЯННОГО ТОКА, в которые вместо силы постоянного тока и постоянного напряжения - соответствующие **ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ**:

$$P = U \cdot I$$

Когда между напряжением и силой тока СДВИГ ФАЗ, мощность определяется по формуле:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

**МОЩНОСТЬ** в цепи переменного тока *определяется* теми же соотношениями, что и мощность *постоянного* тока, в которые **ВМЕСТО** силы *постоянного* тока и *постоянного* напряжения подставляют соответствующие *действующие значения*.

# Трехфазный ток

# §1. Основные понятия

1.1. ТРЕХФАЗНАЯ СИСТЕМА электрических цепей - состоит из *трех цепей*, в которых действуют переменные напряжения

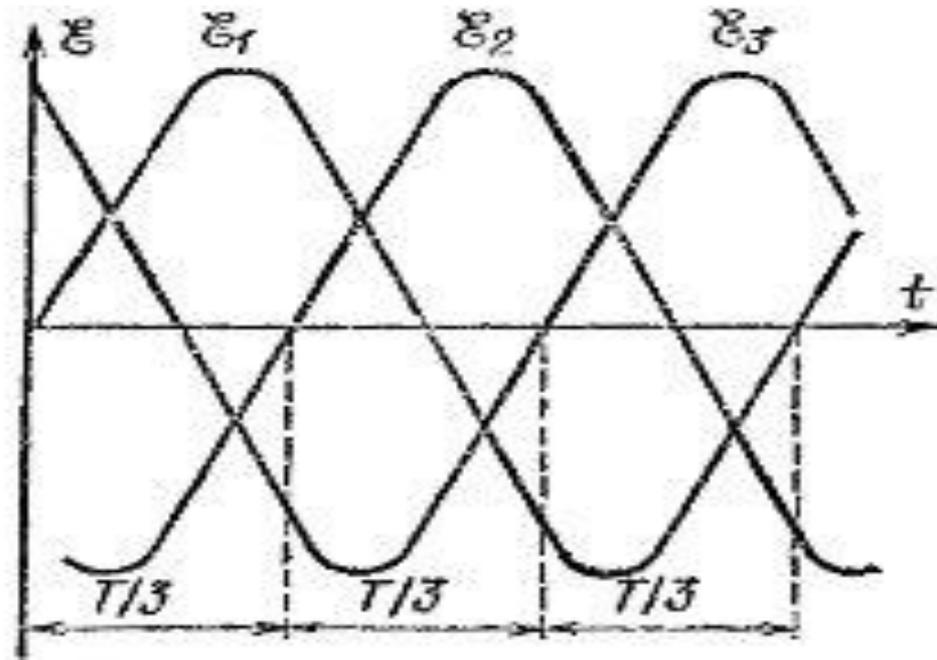
- *одной* и той же частоты,
- *сдвинутые* по фазе друг от друга на  $1/3$  периода ( $\varphi=2\pi/3$ ).

1.2. ФАЗА - каждая *отдельная цепь* такой системы

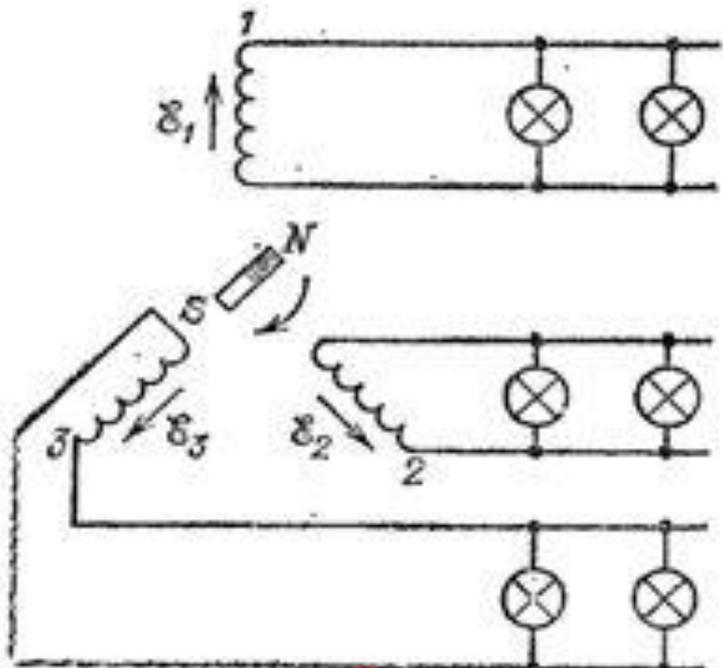
1.3. ГЕНЕРАТОР ТРЕХФАЗНОГО ТОКА - *соединение* в одной машине *трех генераторов* так, что *индуцированные* в них ЭДС *сдвинуты друг от друга* на  $1/3$ .



Почти все генераторы,  
установленные на наших  
электростанциях



## §2. Работа 3-х фазного генератора



*3 самостоятельных катушки,  
расположенных на статоре  
смещенных на  $120^\circ$ .  
В центре вращается общий для  
всех катушек индуктор,  
(например постоянный магнит).*

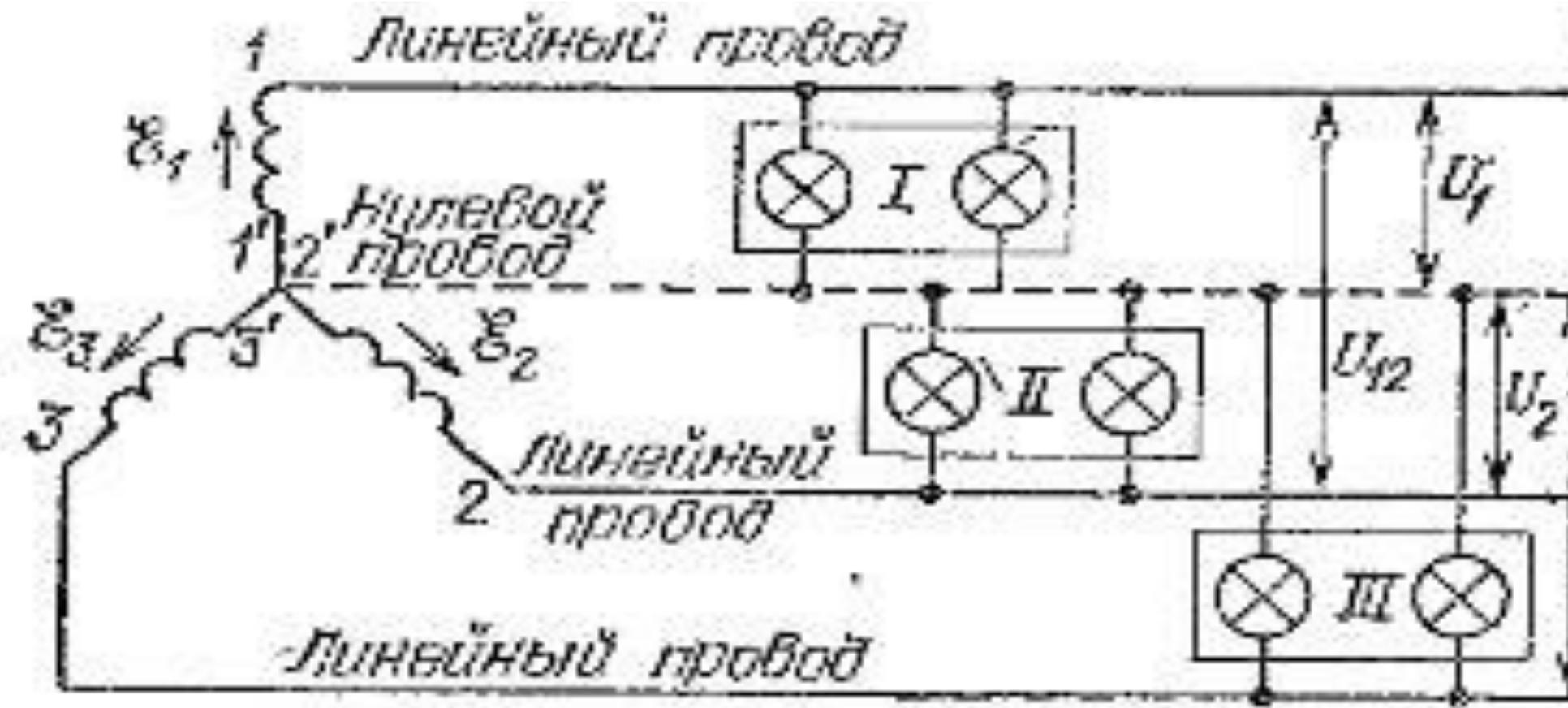
*Каждая обмотка -  
самостоятельный генератор тока  
и источник электроэнергии.*

*Провода к концам каждой из них  
- три независимые цепи*

*Для передачи энергии электроприемникам (например  
лампочкам), требовалось бы ШЕСТЬ проводов.*

*Можно так соединить между собой обмотки генератора, чтобы  
было 4 или 3 провода*

### §3. Соединение звездой (четырёхпроводная)



Концы обмоток (1', 2', 3') - в одну точку генератора (нулевая точка или нейтраль) => ЧЕТЫРЕ провода:

- три линейных от начала обмоток (1, 2, 3),
- нулевым или нейтральным от нулевой точки.

**Напряжения между нулевой точкой и началом каждой фазы – ФАЗНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ.**

Фазные напряжения обычно обозначают  $U_1, U_2, U_3$  или  $U_\phi$

**Напряжения между началами обмоток (т.е. точками 1 и 2, 2 и 3, 3 и 1) - ЛИНЕЙНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ  $U_{12}, U_{23}, U_{31}$  или  $U_L$ .**

**Между амплитудами или действующими значениями фазных и линейных напряжений соотношение  $U_L = \sqrt{3}U_\phi \approx 1,73U_\phi$**

Если фазное напряжение  $U_\phi = 220 \text{ В}$ , то при соединении обмоток генератора звездой линейное напряжение  $U_L = 380 \text{ В}$ .

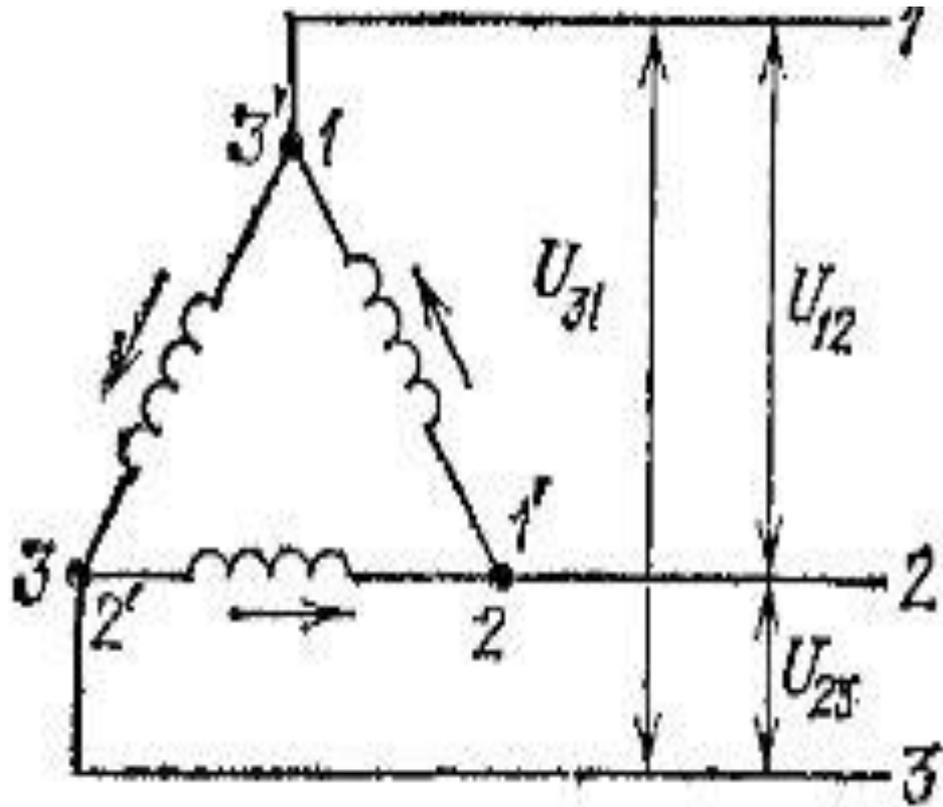


**Нагрузки (электролампы I, II, III) питаются фазными напряжениями.**

При эксплуатации трехфазного переменного тока стремятся нагрузку различных фаз сделать, по возможности, одинаковой.

Поэтому, например, при устройстве осветительной сети большого дома при четырехпроводной системе в каждую квартиру вводят нулевой провод и один из линейных с таким расчетом, чтобы в среднем на каждую фазу приходилась примерно одинаковая нагрузка.

## §4. Соединение треугольником



- Конец каждой обмотки соединен с началом следующей =>
- Образуется треугольник.
- Линейные провода присоединены к вершинам (точки 1, 2 и 3).

При соединении треугольником линейное напряжение генератора РАВНО его фазному напряжению:  $U_{л} = U_{ф}$ .

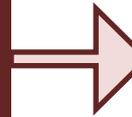
□ Соединение треугольником также допустимо лишь при *одинаковой* (или почти одинаковой) нагрузке фаз.

□ Иначе ток в замкнутом контуре обмоток будет слишком *велик*, что опасно для генератора

# §5. Нагрузки в трехфазных сетях

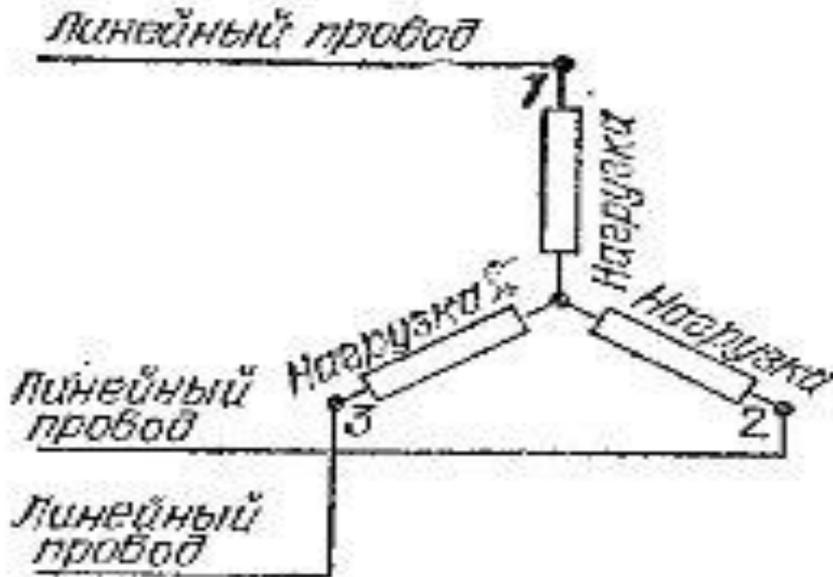
## 5.1. Соединение звездой

Нагрузки, питающиеся от отдельных пар проводов, также могут быть соединены звездой

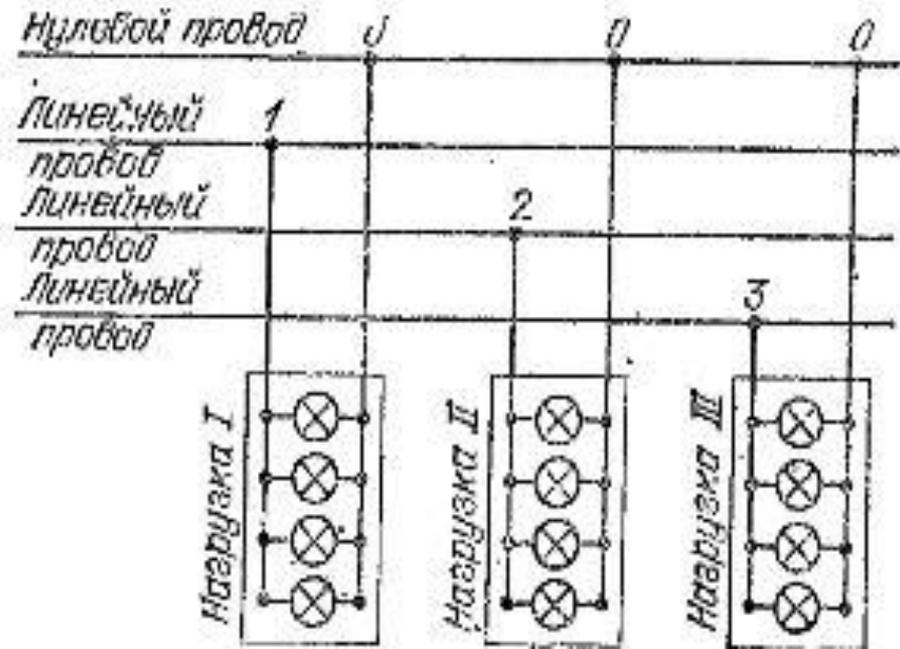


т. е. один конец их присоединен к общей точке, а оставшиеся три свободных конца к линейным проводам сети

Соединение нагрузок при 3-х проводной системе



При 4-х проводной системе



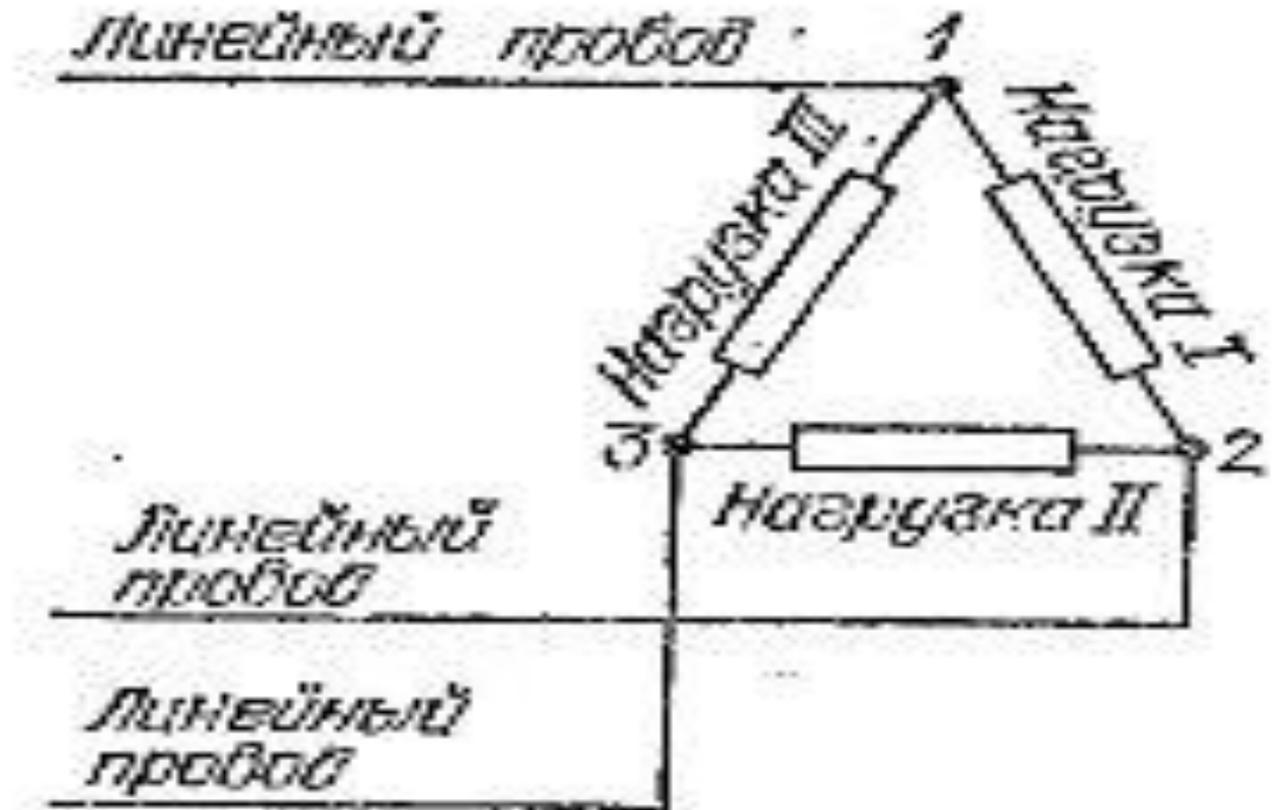
При соединении нагрузок ЗВЕЗДОЙ каждая нагрузка находится под напряжением, в  $\sqrt{3}$  раз меньшим линейного

*Левый рисунок - между каждой парой линейных напряжений последовательно включены ДВЕ НАГРУЗКИ (токи в которых сдвинуты по фазе на  $2\pi/3$ ).  
Напряжение на каждой нагрузке равно соответствующему линейному напряжению, деленному на  $\sqrt{3}$ .*

Для четырехпроводной системы ясно из правого рисунка.

## 5.2. Соединение треугольником

Соединение нагрузок треугольником при 3-х проводной системе проводки



- Все нагрузки соединяются последовательно и образуют общий контур,
- К точкам 1, 2, 3 которого присоединяются линейные провода.

## ПРАКТИЧЕСКИ.

- ◆ При соединении нагрузок треугольником каждая нагрузка находится под линейным напряжением,
- ◆ При соединении ЗВЕЗДОЙ - под напряжением, в  $\sqrt{3}$ раз меньшим

При *переключении нагрузок со звезды на треугольник напряжения на каждой нагрузке, **ПОВЫШАЮТСЯ** в  $\sqrt{3} \approx 1,73$  раза.*



Например, *линейное напряжение трехпроводной сети 380 В = >*

□ При соединении ЗВЕЗДОЙ *напряжение на каждой из нагрузок будет равно 220 В,*

□ При включении ТРЕУГОЛЬНИКОМ равно 380 В.

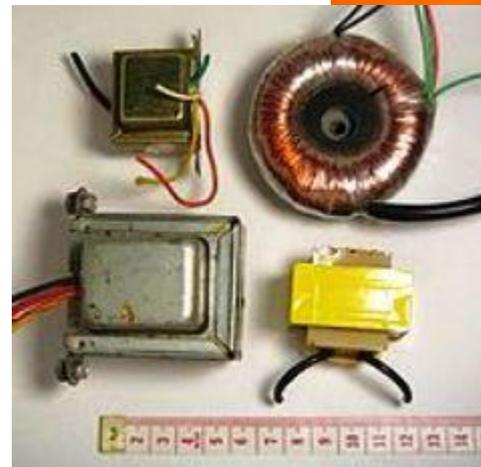
# Трансформаторы

# §1. Принцип действия и устройство однофазного трансформатора

**ТРАНСФОРМАТОРЫ** - *электротехнические устройства, в которых электрическая энергия переменного тока от одной неподвижной катушки ПЕРЕДАЕТСЯ другой неподвижной же катушке, НЕ связанной с первой электрически.*

*Звеном, передающим энергию от одной катушки другой, является магнитный поток,*

- *сцепляющийся с обеими катушками и*
- *непрерывно меняющийся по величине и по направлению.*

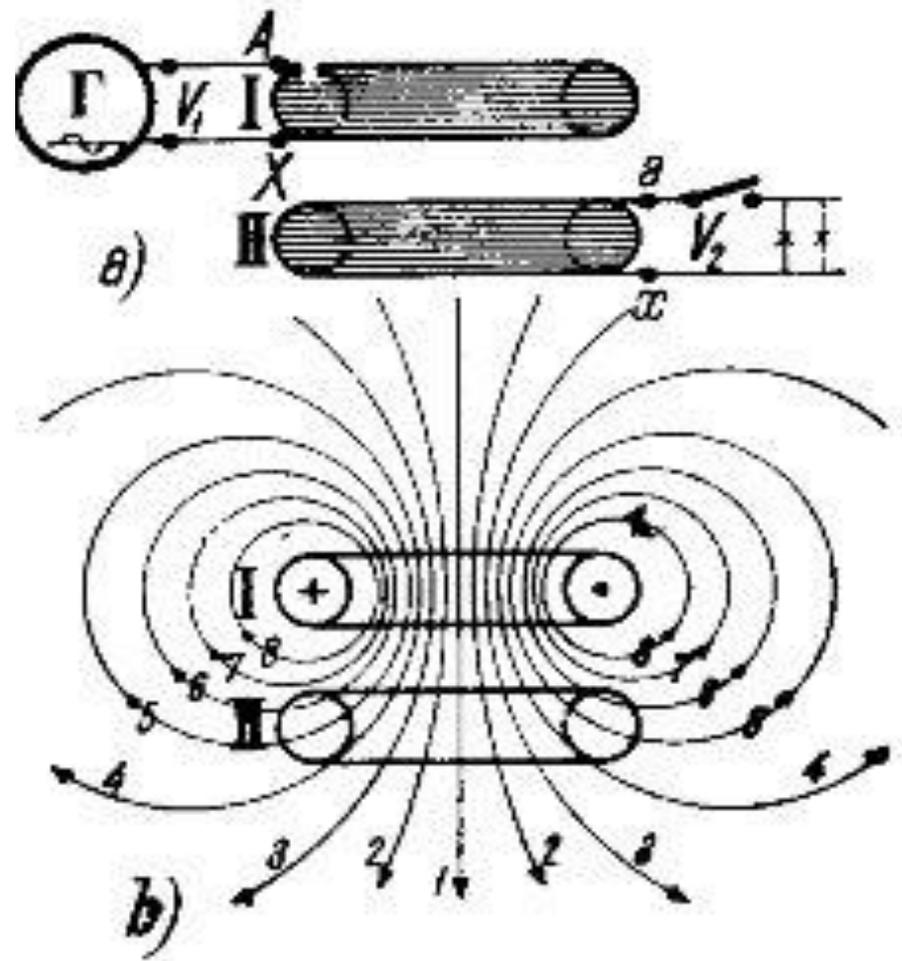


# 1.1. Работа вхолостую

Простейший трансформатор, состоит из двух катушек I и II, одна над другой.

К катушке I (первичная обмотка) - переменный ток от генератора.

С катушкой II (вторичная обмотка) соединяется цепь приемниками электрической энергии.

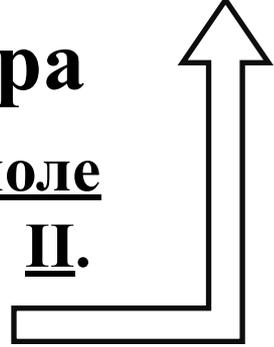


# Принцип действия трансформатора

Ток в первичной катушке I => создается магнитное поле

=> силовые линии пронизывают катушки I и II.

Примерная картина распределения силовых линий



Таким образом катушка II является магнито связанной с катушкой I при посредстве магнитных силовых линий.



По закону электромагнитной индукции при изменении пронизывающего катушку магнитного потока (за счет переменного тока) в катушке индуцируется переменная ЭДС.

В катушке I индуцируется ЭДС самоиндукции,

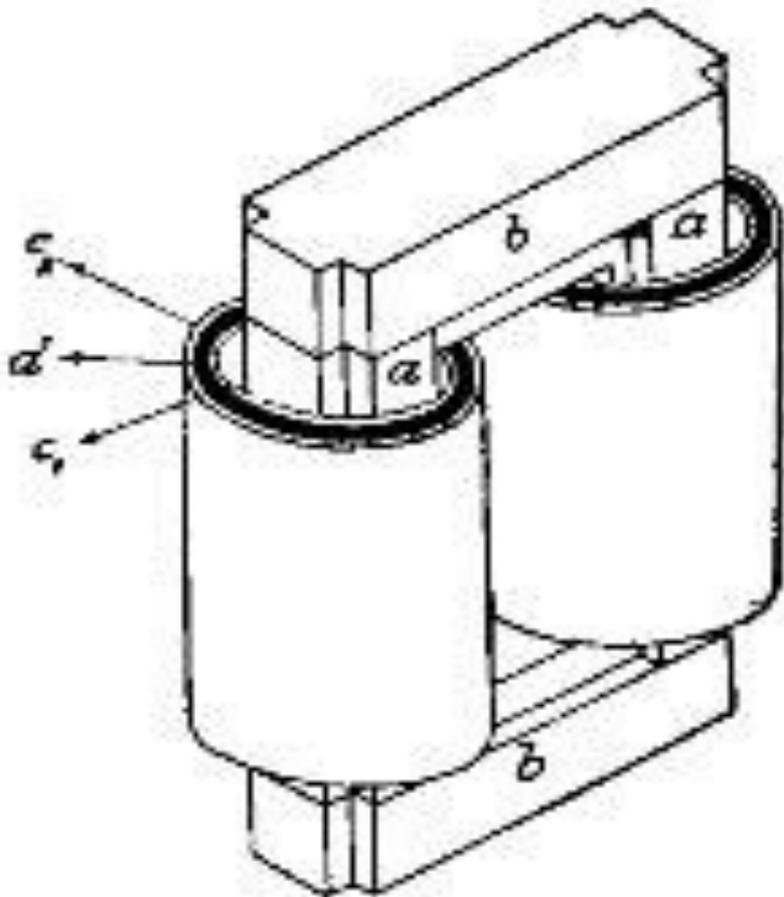
В катушке II индуцируется ЭДС взаимной индукции.



Если к катушке II подключить приемники электроэнергии => в цепи появится ток => приемники получают электроэнергию.

Для увеличения магнитной связи  $I \Rightarrow \Pi$  и уменьшения магнитного сопротивления (прохождению магнитного потока) обмотки технических трансформаторов располагают на замкнутых железных сердечниках.

### А) Стержневого типа

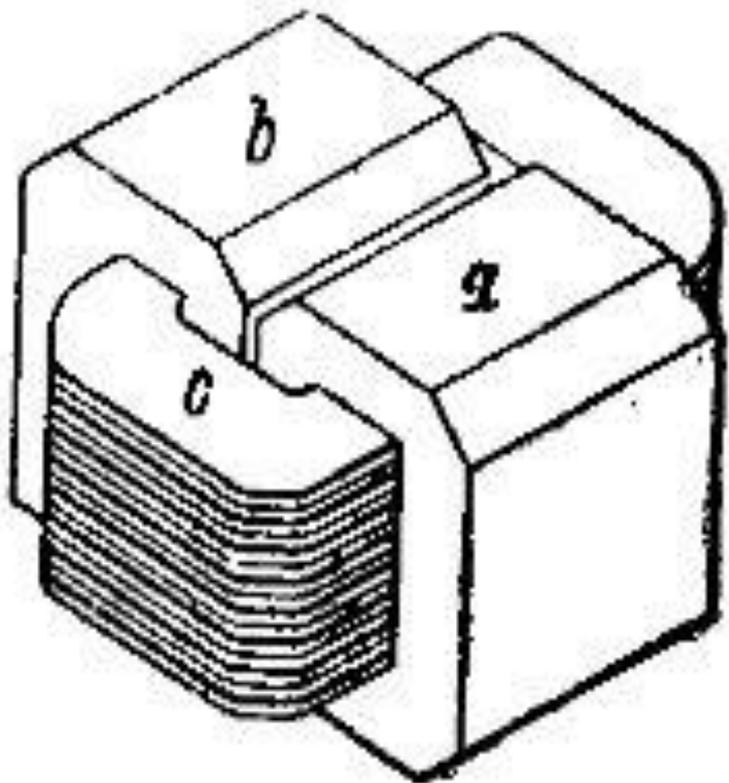


Первичные и вторичные катушки  $s_1$  и  $s_2$  расположены на железных стержнях  $a-a$ , соединены с торцов железными накладками  $b-b$ , называемыми ярмами. Таким образом два стержня  $a-a$  и два ярма  $b-b$  образуют замкнутое железное кольцо - сердечник трансформатора.  $\Rightarrow$

В нем проходит магнитный поток, сцепляющийся с первичной и вторичной обмотками.



## Б) Броневого типа



- *Первичные и вторичные обмотки «с», состоящие (каждая) из ряда плоских катушек, расположены на сердечнике из двух железных колец а и б.*
- *Кольца а и б, окружая обмотки, покрывают их почти целиком как бы броней – **БРОНЕВОГО** типа.*
- *Магнитный поток, проходящий внутри обмоток «с», разбивается на 2 равные части, замыкающиеся каждое в своем железном кольце*

*Применение железных замкнутых магнитных цепей => значительное снижение потока рассеяния.*

*У таких трансформаторов поток, сцепляющиеся с первичной и вторичной обмотками, почти **РАВНЫ** друг другу.*

Исходя из этого

**По общему закону индукции мгновенные значения ЭДС обмоток:**

$$e_1 = -w_1 \cdot \frac{d\Phi_t}{dt} \cdot 10^{-8}$$

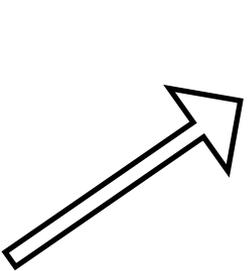
$$e_2 = -w_2 \cdot \frac{d\Phi_t}{dt} \cdot 10^{-8}$$

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

$w_1, w_2$  — числа витков обмоток,  
 $d\Phi_t$  - изменения магнитного потока за  $dt$ , =>  
скорость изменения магнитного потока

**ЭДС в первичной и вторичной катушках относятся друг к другу так же, как числа ВИТКОВ катушек.**

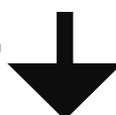
**Приложив к одной катушке некоторое напряжение => на концах другой катушки получить любое напряжение <=> подходящее отношение между числами ВИТКОВ этих катушек.**



**Основное свойство трансформатора**

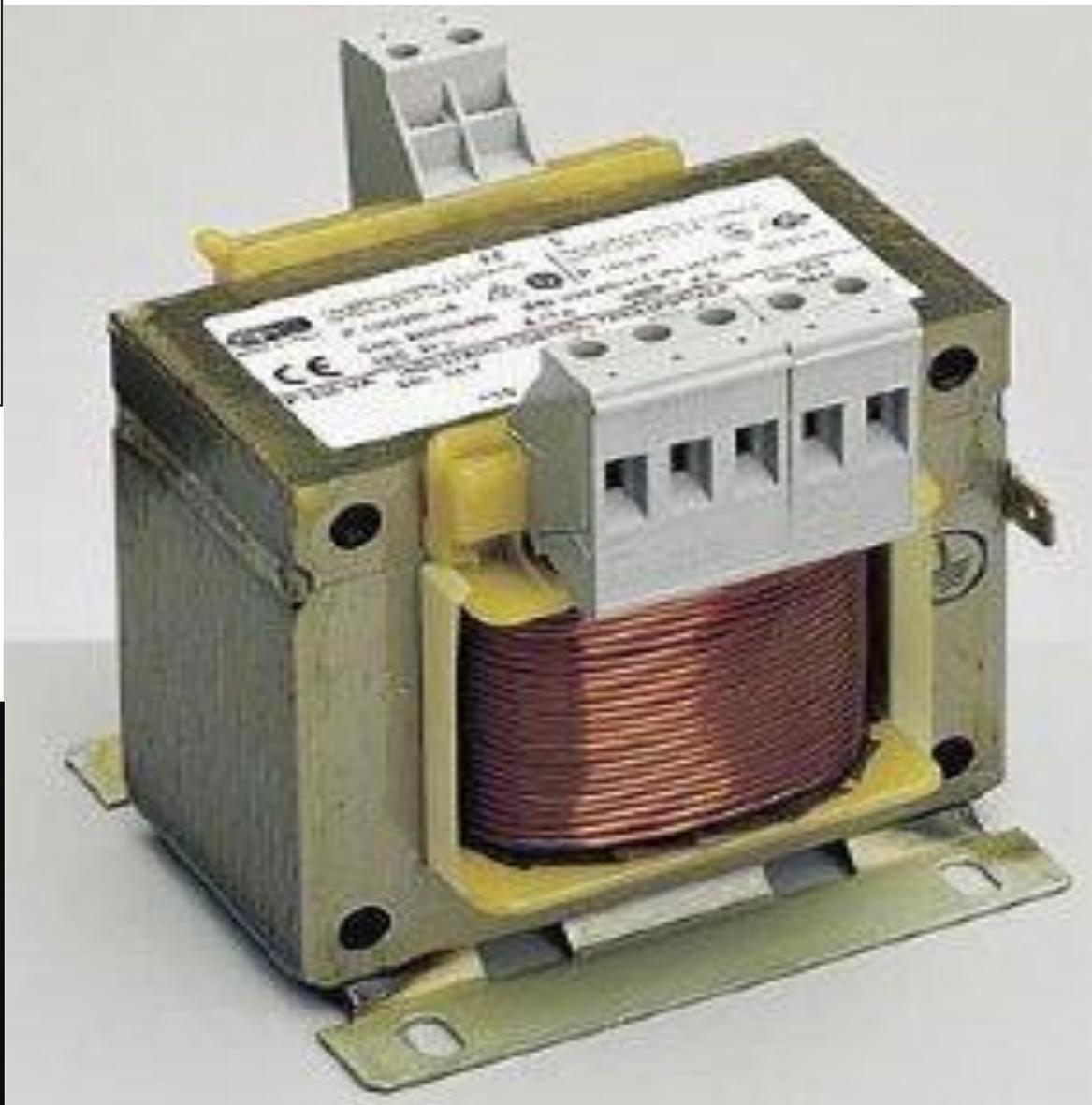
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k_{tr}$$

**Коэффициент трансформации  $k_{tr}$**



Трансформатор, у которого *коэффициент трансформации* МЕНЬШЕ ЕДИНИЦЫ, называется *повышающим трансформатором*.

Трансформатор, у которого *коэффициент трансформации* БОЛЬШЕ ЕДИНИЦЫ, называется *понижающим трансформатором*.



## 1.2. Работа под нагрузкой

Нагрузка на вторичную обмотку  $\Rightarrow$  в ней ток  $\Rightarrow$  магнитодвижущая сила  $\Rightarrow$  против первичной (закон Ленца).

**Магнитный поток должен БЫ уменьшаться**

**НО!** если к первичной обмотке - постоянное ПО ВЕЛИЧИНЕ напряжение  $\Rightarrow$  уменьшения магнитного потока почти **НЕТ**.

ЭДС в первичной обмотке, почти = приложенному напряжению (и при нагрузке)  $\Rightarrow$  Если первичное напряжение постоянно по величине  $\Rightarrow$  ЭДС при нагрузке почти **ТА ЖЕ** (как при холостой работе)  $\Rightarrow$  Эта ЭДС пропорциональна магнитному потоку  $\Rightarrow$  полное постоянство магнитного потока при любой нагрузке.

**ПОЯВЛЕНИЕ** во вторичной обмотке размагничивающей магнитодвижущей силы сопровождается **УВЕЛИЧЕНИЕМ** магнитодвижущей силы первичной обмотки

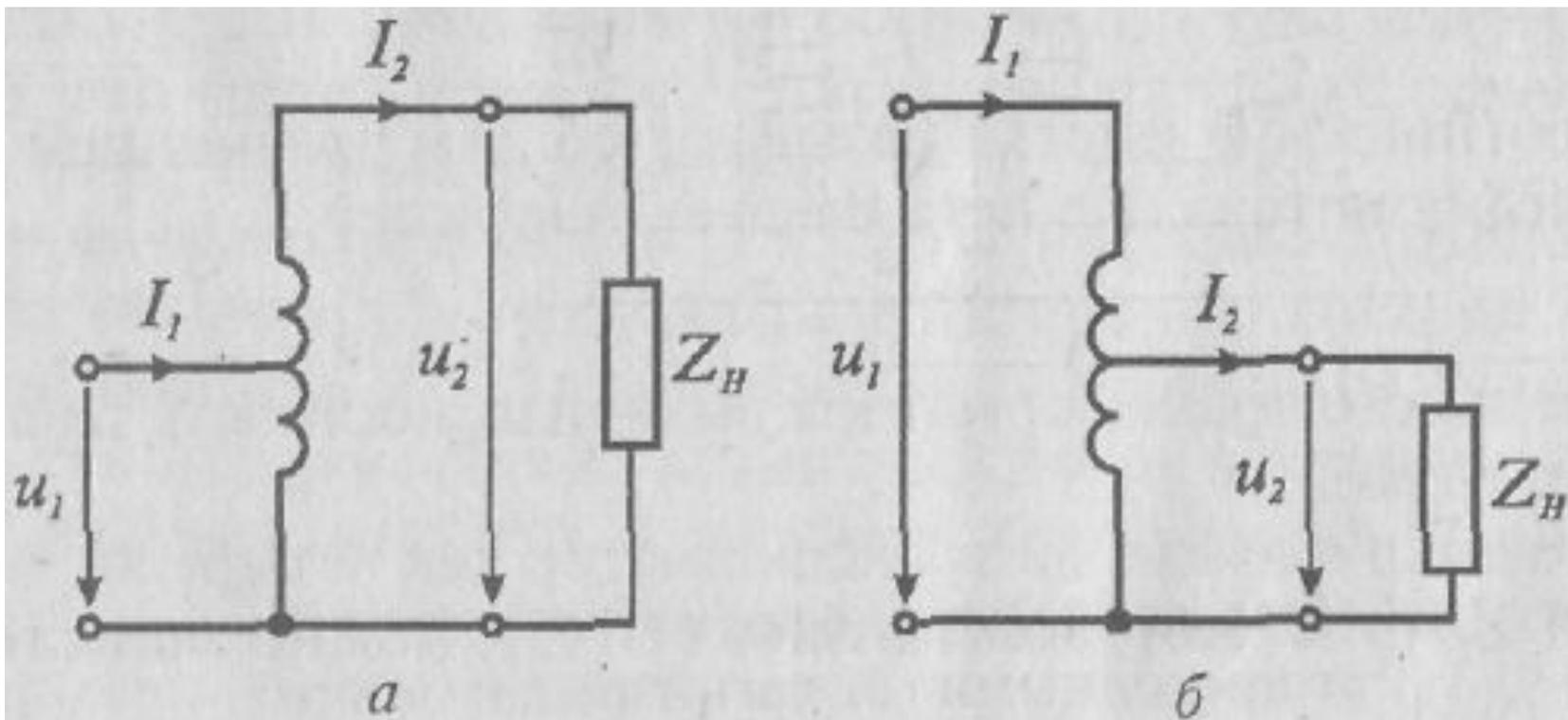
## **§2. Виды трансформаторов**

- 1. Автотрансформаторы**
- 2. Однофазные трансформаторы**
- 3. Трехфазные трансформаторы**
- 4. Измерительные трансформаторы**

## 2.1. Автотрансформаторы

- Специальный тип трансформатора с одной обмоткой, часть которой принадлежит первичной и вторичной цепям.
- Могут быть повышающие и понижающие, однофазные, трехфазные, регулируемые и нерегулируемые.

### Повышающий и понижающий автотрансформаторы

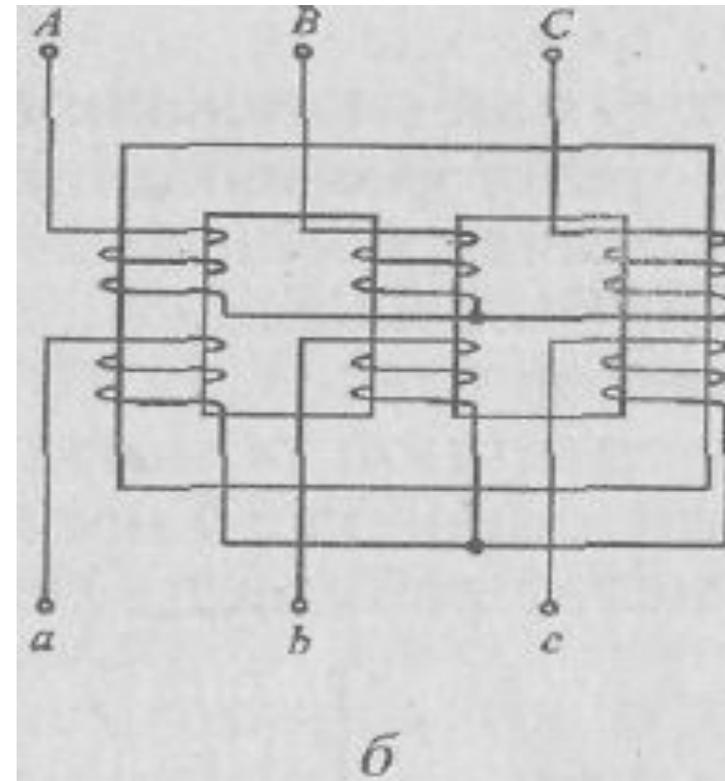
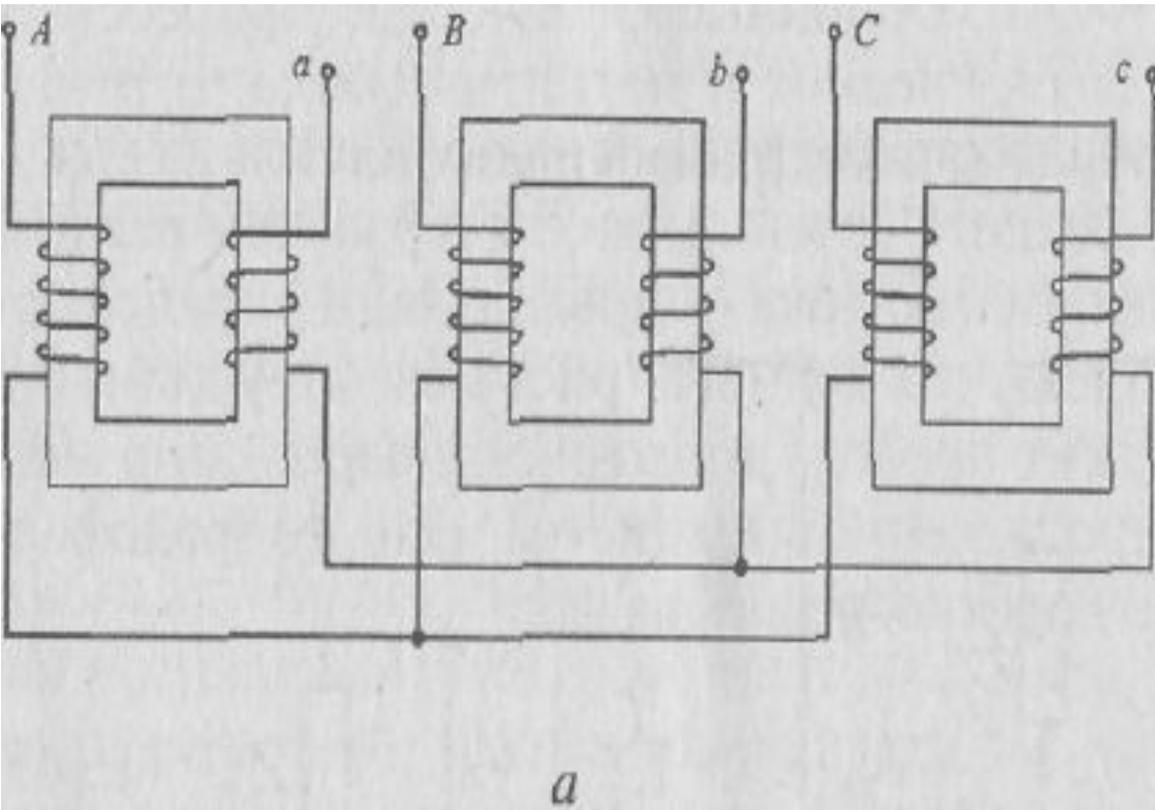


# Особенности и достоинства автотрансформаторов

- Ток в общей части обмотки автотрансформатора МЕНЬШЕ, чем в *остальной* ее части, т.к. по *общей части* протекают почти *встречные токи* первичной и вторичной цепей.
- МОЩНОСТЬ *первичной цепи* передается во вторичную цепь как *электромагнитным* (трансформаторным), так и электрическим способами.

- ЭКОНОМИЧНОСТЬ — *обмоточные материалы* расходуются только на *одну обмотку*;
- *Меньшие потери в меди* и *большой КПД*  $\Leftarrow$  *токи в общей части направлены встречно*;
- Возможность *плавной регулировки* напряжения  $U_2$  *вторичной цепи* при непрерывном скольжении контакта по *зачищенной поверхности витков*.

## 2.3. Трехфазные трансформаторы

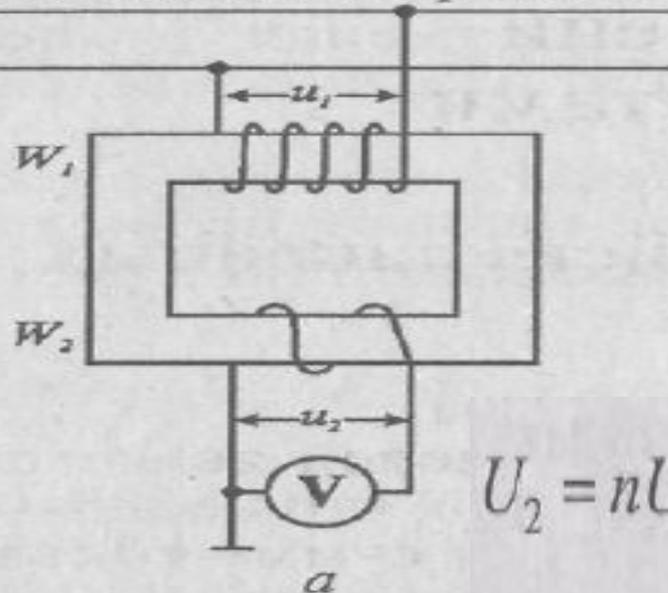


## 2.4. Измерительные трансформаторы

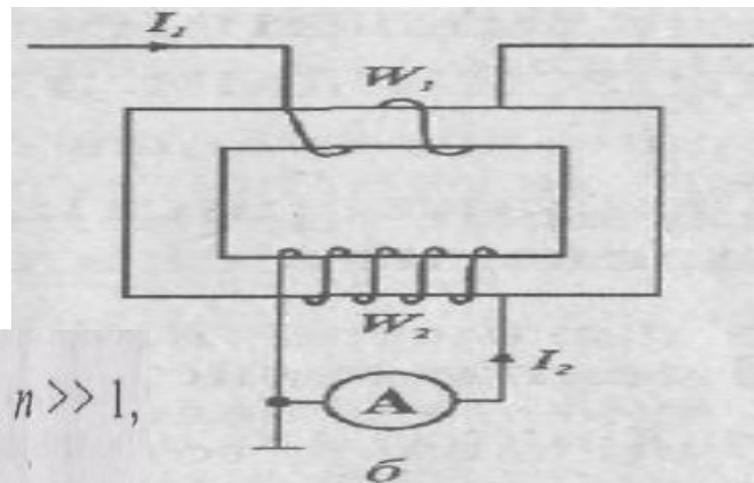
- Измерительные трансформаторы *напряжения* и тока.
- Используются для *подключения* измерительных приборов в цепи *высокого* напряжения и *больших* токов.
- Обычные двухобмоточные трансформаторы.

### 2.4.1. Измерительные трансформаторы напряжения

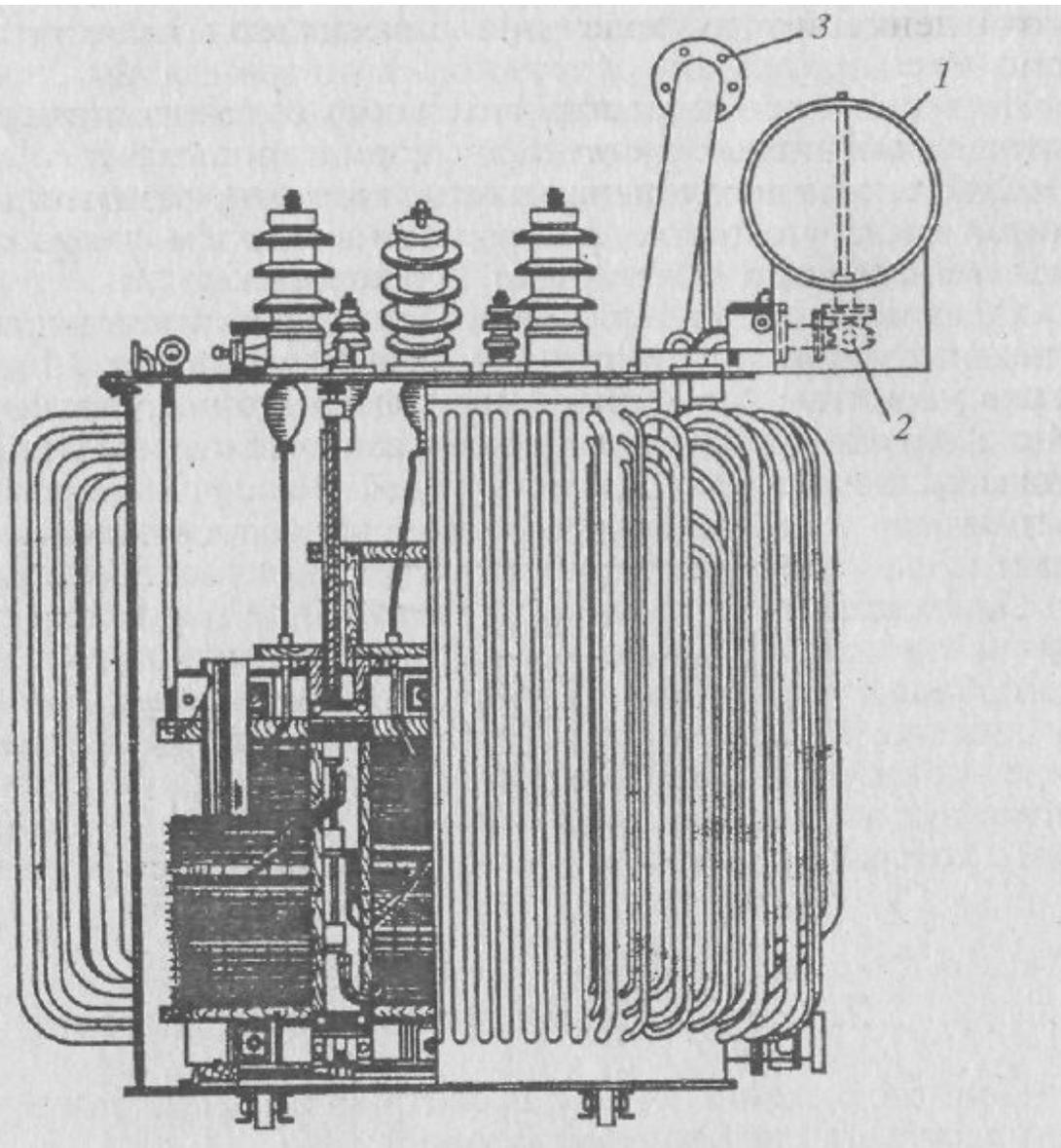
Сеть высокого напряжения



### 2.4.2. Измерительные трансформаторы тока



# Общий вид трансформатора мощностью 100 кВ-А и напряжением 6 кВ

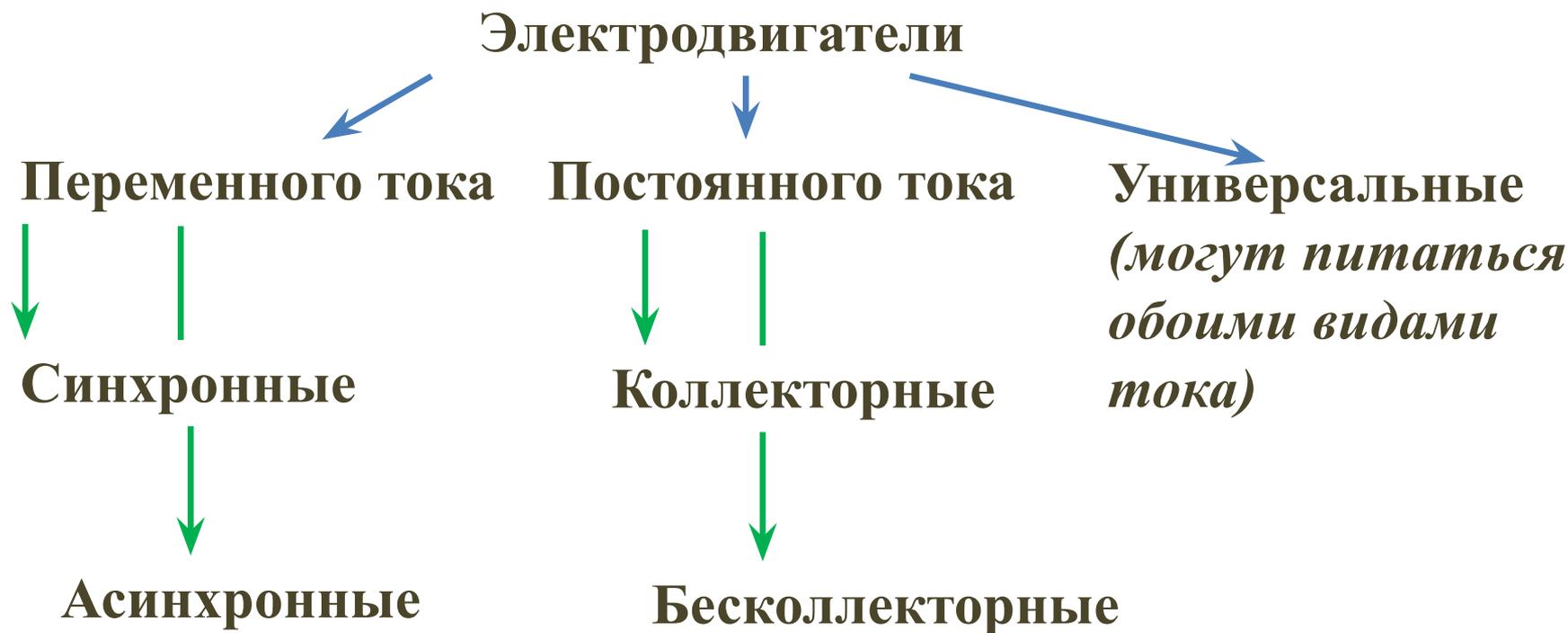


- 1 – расширитель;
- 2 – газовое реле;
- 3 – выхлопная труба

# **Электрические двигатели**

# §1 Общие сведения

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ** — электрическая машина в которой электрическая энергия преобразуется в механическую, побочный эффект - выделение тепла.

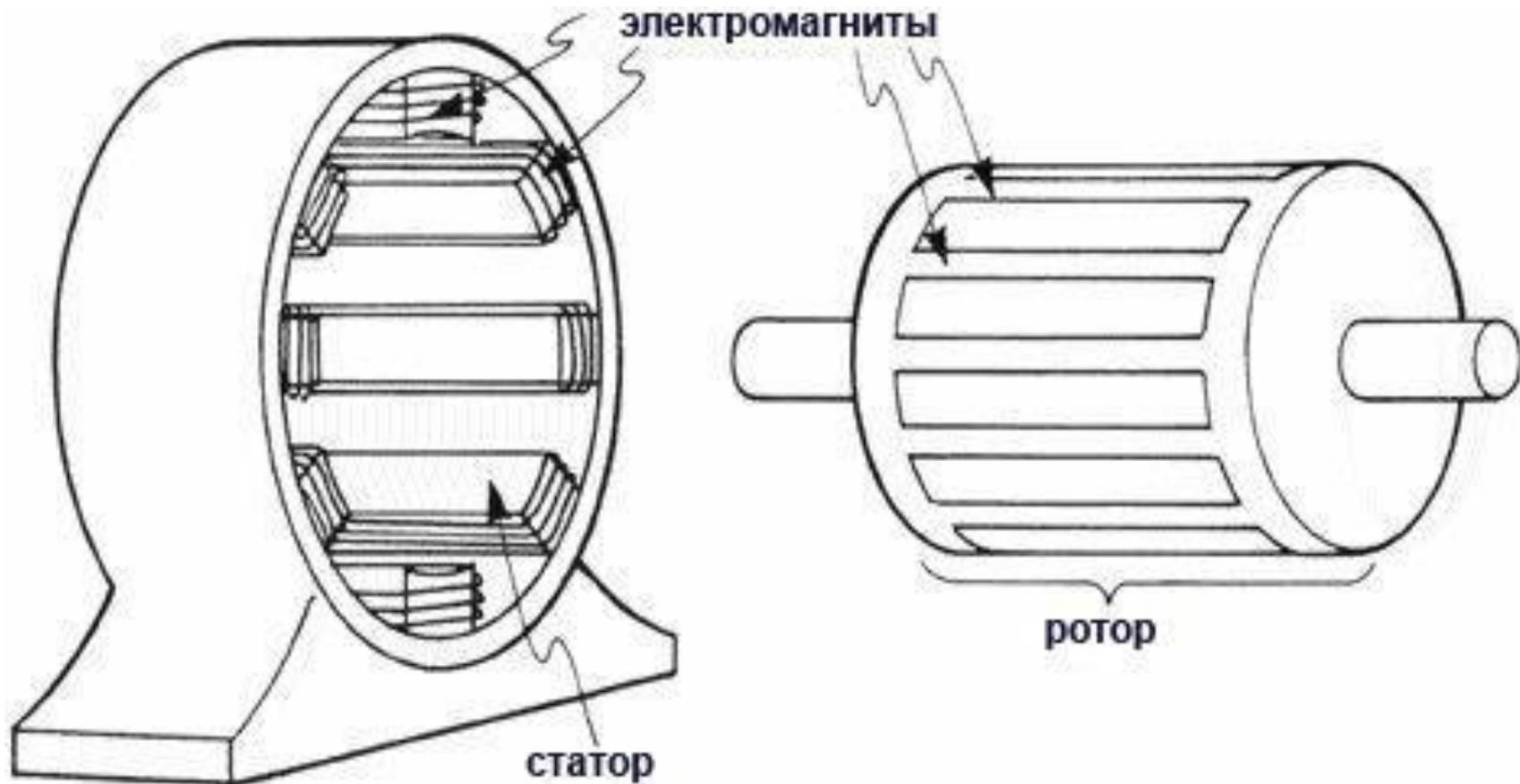


**В основу работы любой электрической машины положен принцип электромагнитной индукции.**

**Электрическая машина состоит из:**

**Неподвижной части СТАТОРА (для асинхронных и синхронных машин переменного тока) или ИНДУКТОРА (для машин постоянного тока)**

**Подвижной части РОТОРА (переменного тока) или ЯКОРЯ (для машин постоянного тока).**



# §2. Электродвигатели переменного тока

По принципу работы двигатели переменного тока  
разделяются на

**СИНХРОННЫЕ**

**АСИНХРОННЫЕ**

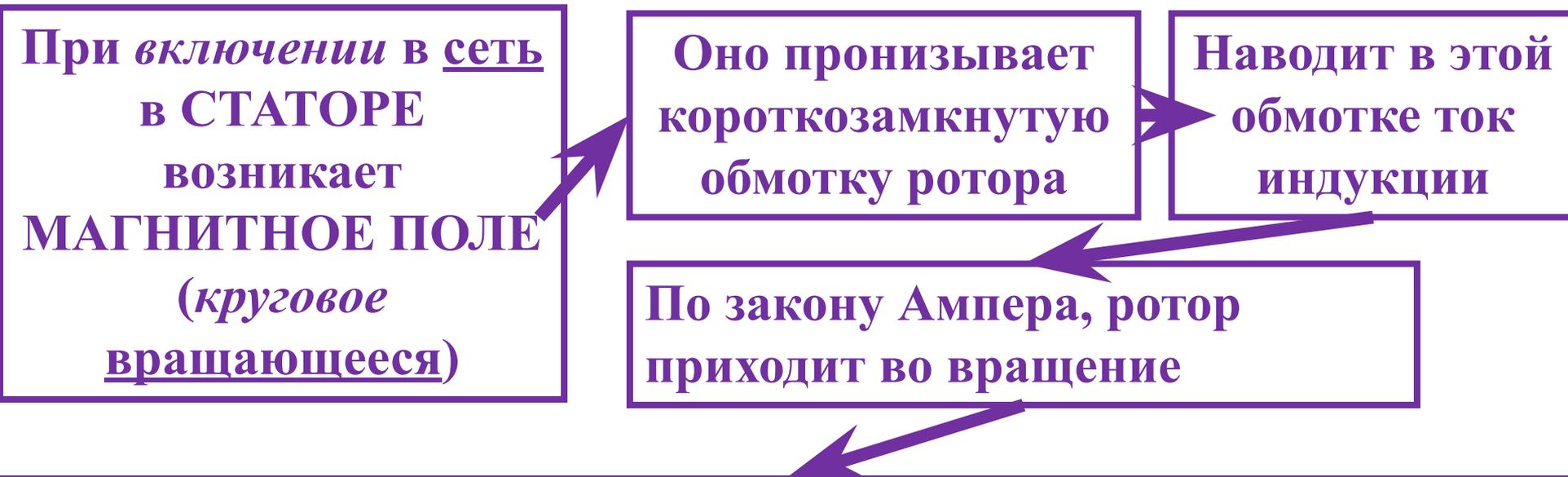
**Синхронный электродвигатель** — электродвигатель переменного тока, ротор которого вращается синхронно с магнитным полем питающего напряжения.

Обычно используются при **БОЛЬШИХ МОЩНОСТЯХ** (от сотен киловатт и выше).

**Асинхронный электродвигатель** — электродвигатель переменного тока, в котором частота вращения ротора отличается от частоты вращающегося магнитного поля, создаваемого питающим напряжением.

**Наиболее распространены в настоящее время.**

## 2.1. Принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя

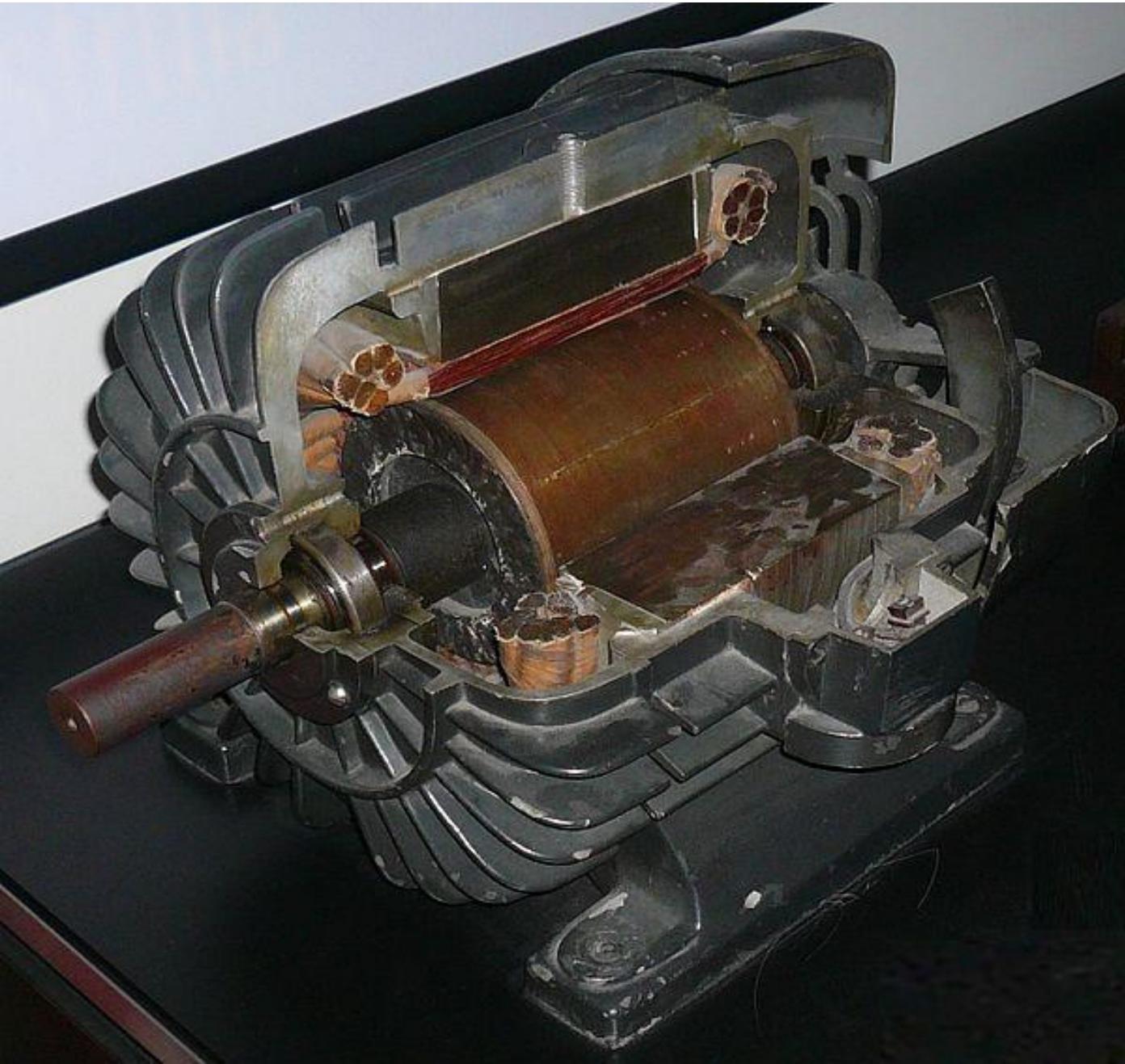


Частота вращения ротора зависит от частоты питающего напряжения и от числа пар магнитных полюсов

Разность между частотой вращения магнитного поля СТАТОРА и частотой вращения РОТОРА характеризуется скольжением

Двигатель называется АСИНХРОННЫМ

# Трёхфазный асинхронный двигатель



- Асинхронный двигатель *прост* и надежен.
- *Несложны* в изготовлении
- *Дешевы* по сравнению с другими эл/двигателями.
- Во время *отключения* от сети не охлаждается и во время *работы* не успевает нагреться.
- *Широко* применяются в строительстве:
  - В *электроприводах* различной строительной техники.
  - Способность работы в режиме повторно-кратковременного => *использование* в строительных кранах.

# §3. Электродвигатели постоянного тока

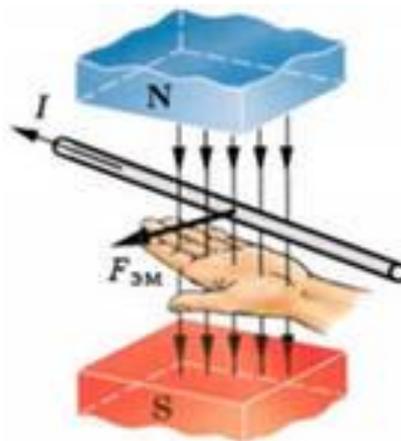
## 3.1. Коллекторный электродвигатель

- ❖ Самые маленькие двигатели этого типа (единицы ватт) применяются, в основном, в детских игрушках (рабочее напряжение 3–9 вольт).
- ❖ Более мощные двигатели (десятки ватт) применяются в современных автомобилях (рабочее напряжение 12 вольт):
  - привод вентиляторов систем охлаждения и вентиляции,
  - дворников.

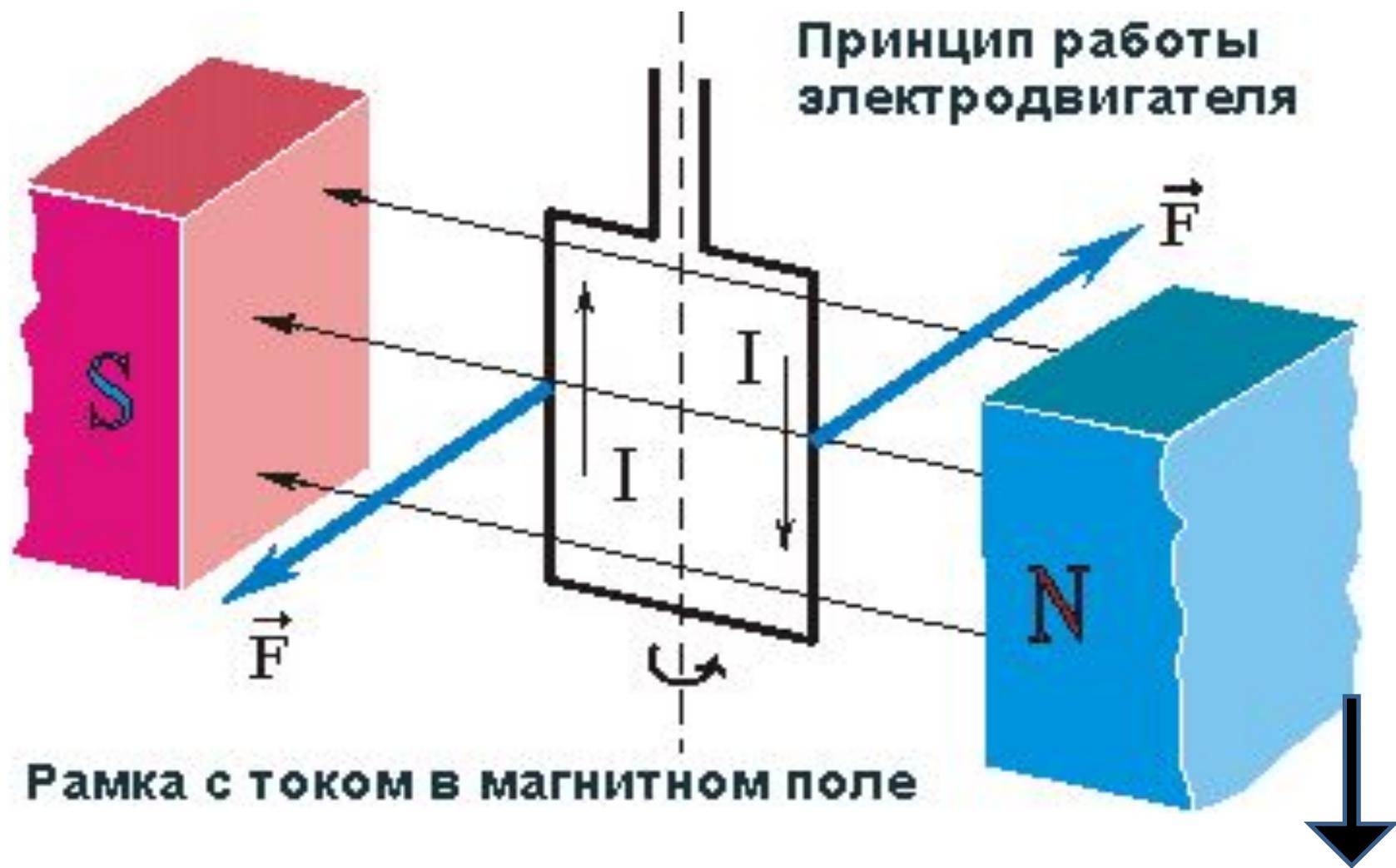
Коллекторные двигатели могут преобразовывать, как электрическую энергию в механическую, так и наоборот. Из этого следует, что он может работать, как двигатель и как генератор.

# Принцип действия электродвигателя.

- ✓ Из законов физики известно, что, *если* через проводник, *находящийся* в магнитном поле *пропустит* ток, то на него начнет *действовать* сила.
- ✓ *Магнитное поле* направлено от северного полюса N к южному S, если ладонь руки направить в сторону северного полюса, а четыре пальца по направлению тока в проводнике, то большой палец укажет направление действующей силы на проводник.



На этой основе была *создана рамка вращающаяся в магнитном поле*. В магнитном поле помещены *два проводника, ток в этих проводниках направлен в противоположные стороны => силы то же. => В сумме эти силы дают крутящий момент.*

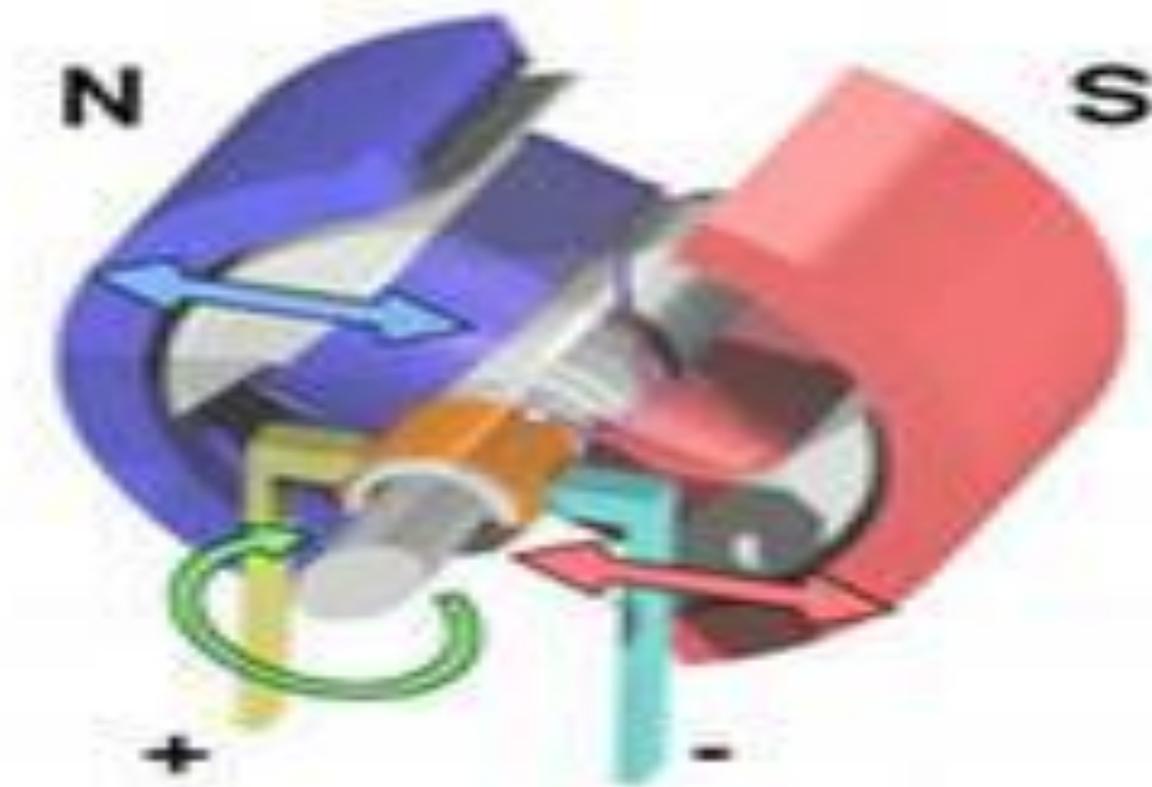


Следующий этап - простой коллекторный двигатель.

Отличается он от рамки **НАЛИЧИЕМ КОЛЛЕКТОРА**.

Недостатки:

- неравномерность вращения и
- невозможность работать на переменном напряжении.

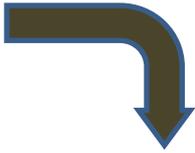


# Коллектор электрической машины

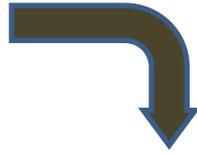


Далее –

**НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ХОДА** устранили путем размещения  
*на якоре* еще нескольких рамок (катушек),  
**ОТ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ** отошли => замена  
*постоянных магнитов* **НА катушки**, намотанные на полюс  
статора.



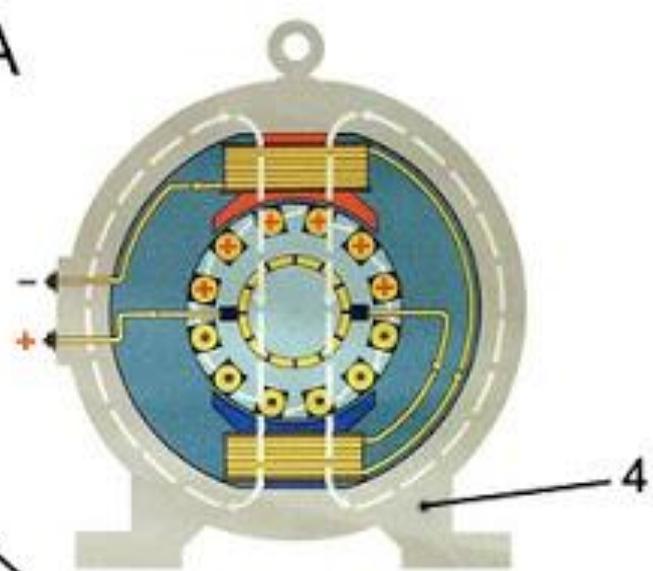
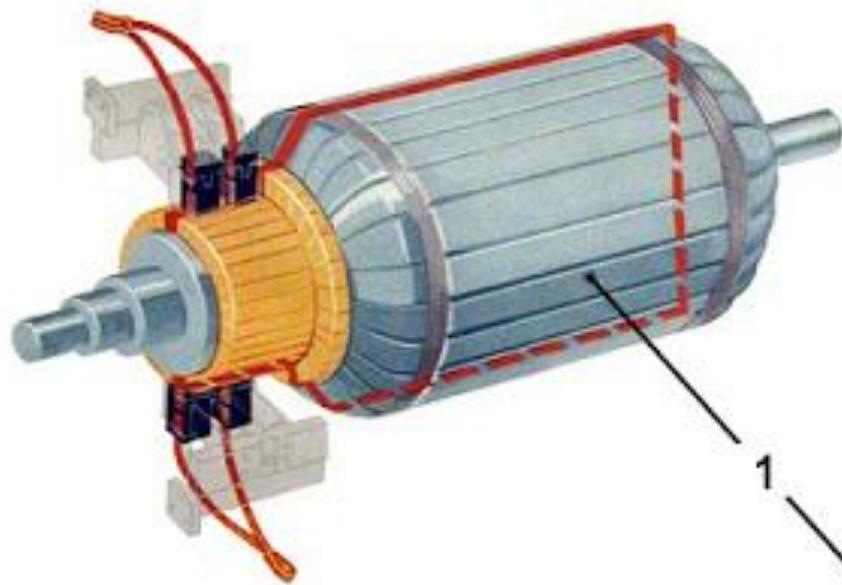
При протекании *переменного тока* через катушки *изменяется*  
направление тока,  
как в обмотках статора,  
так и якоря,



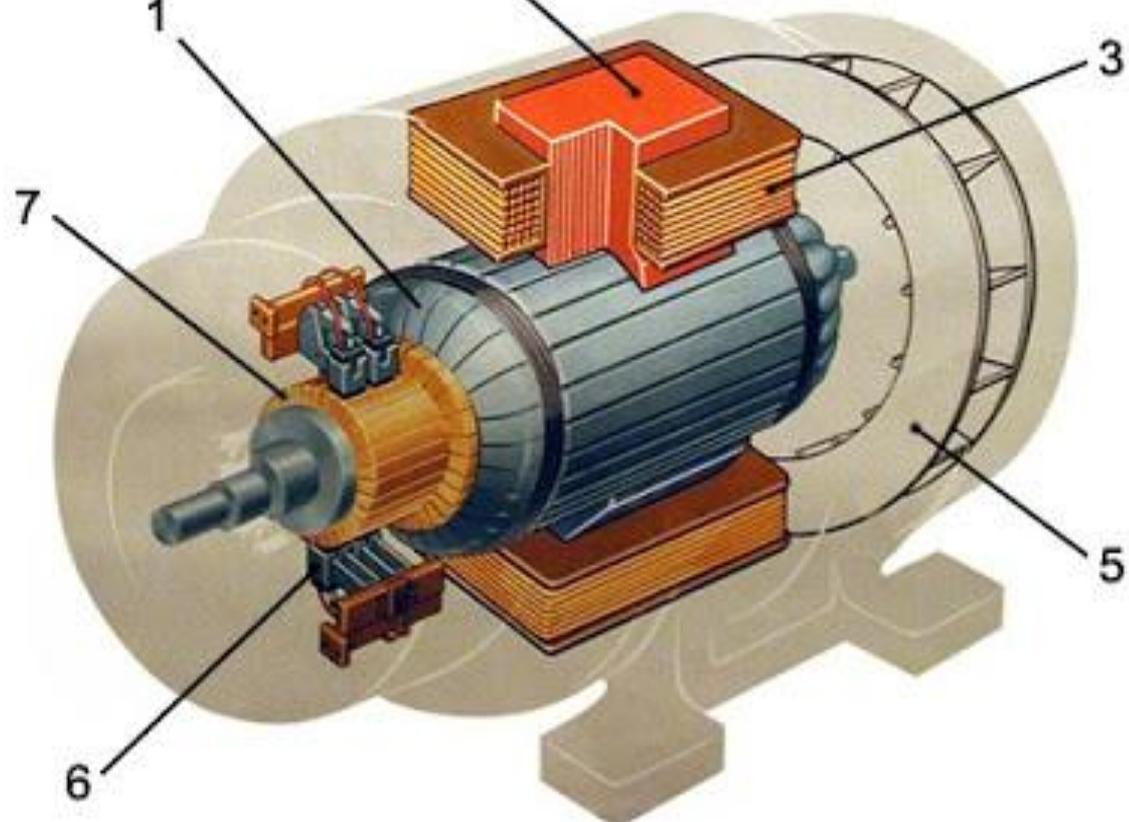
следовательно, крутящий момент, как при постоянном, так и  
при переменном напряжении будет направлен в одну и ту же  
сторону.



# ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА



1. Якорь
2. Сердечник полюса
3. Обмотка полюса
4. Статор
5. Вентилятор
6. Щетки
7. Коллектор

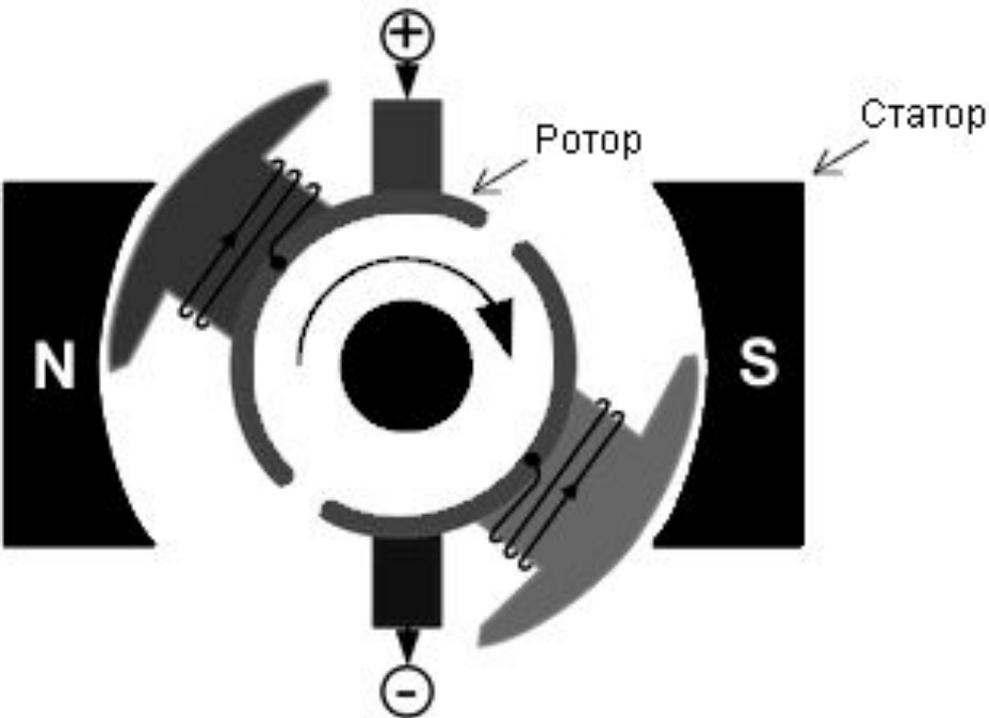


# Бесколлекторный электродвигатель (вентильный)

Конструктивно состоит из ротора с постоянными магнитами и статора с обмотками.

В коллекторном двигателе наоборот, обмотки находятся на роторе.

Коллекторный двигатель



Бесколлекторный двигатель

