

МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

КАФ ФН-7

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

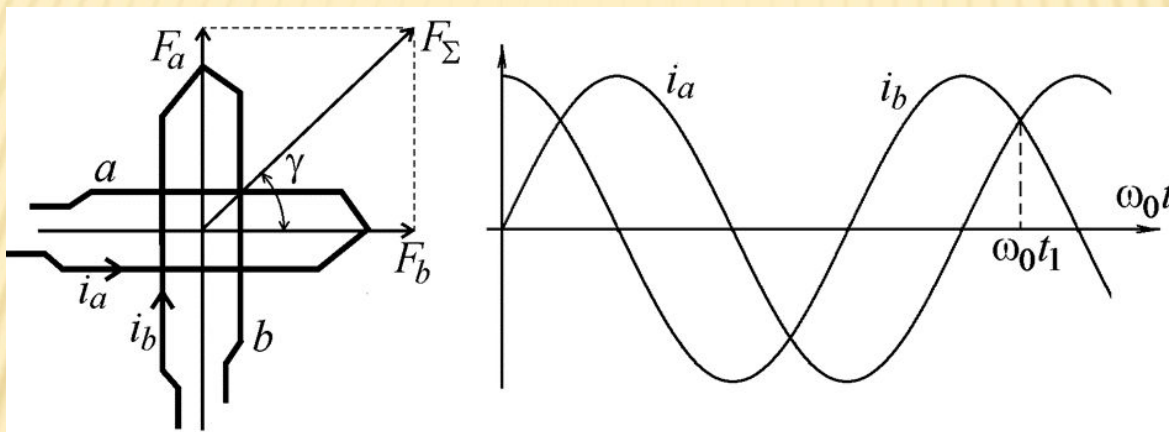
ЛЕКЦИЯ 3-4

ПРОФ. КРАСОВСКИЙ АБ

---

# Основные положения электромеханики

- 1. Преобразование энергии связано с вращающимися магнитными полями



Принцип образования вращающегося магнитного поля неподвижными в пространстве обмотками

$$i_a = I_m \sin \omega_0 t$$

$$i_b = I_m \cos \omega_0 t$$

$$F_a = F_m \sin \omega_0 t$$

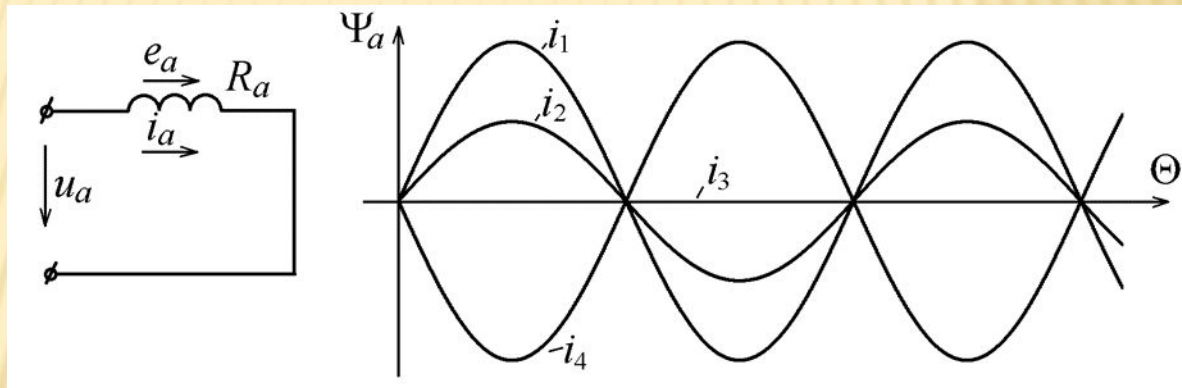
$$F_b = F_m \cos \omega_0 t,$$

$$F_\Sigma = \sqrt{F_a^2 + F_b^2} = F_m$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{F_a}{F_b} = \operatorname{tg} \omega_0 t$$

# Основные положения электромеханики

2. Для обеспечения непрерывного преобразования энергии необходимо, чтобы поле хотя бы одной из обмоток периодически изменялось в пространстве.



$$u_a = -e_a + i_a R_a$$

$$e_a = -\frac{d\Psi_a}{dt}$$



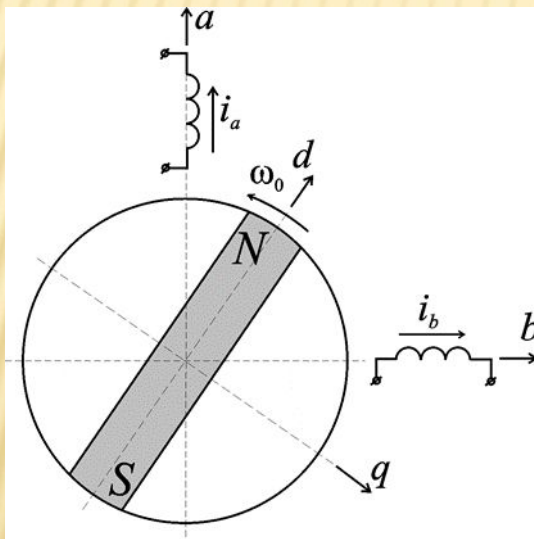
$$-e_a = \frac{d\Psi_a}{di_a} \frac{di_a}{dt} + \frac{d\Psi_a}{d\Theta} \frac{d\Theta}{dt} = \frac{d\Psi_a}{di_a} \frac{di_a}{dt} + \frac{d\Psi_a}{d\Theta} \omega$$



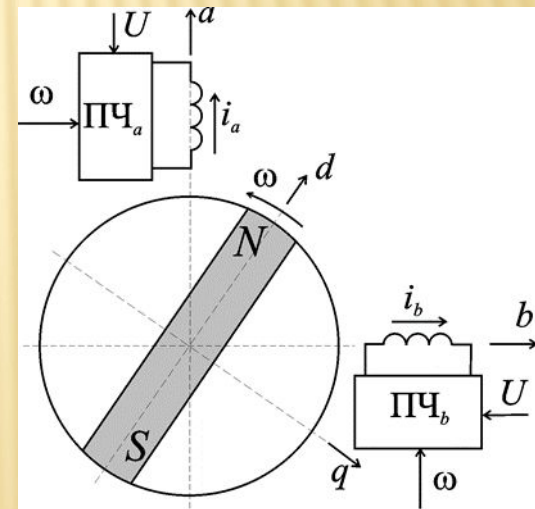
# Основные положения электромеханики

## 3. Однонаправленный момент создают только взаимно неподвижные поля

Вариант 1. Ротор вращается со скоростью вращения поля статора – синхронные машины



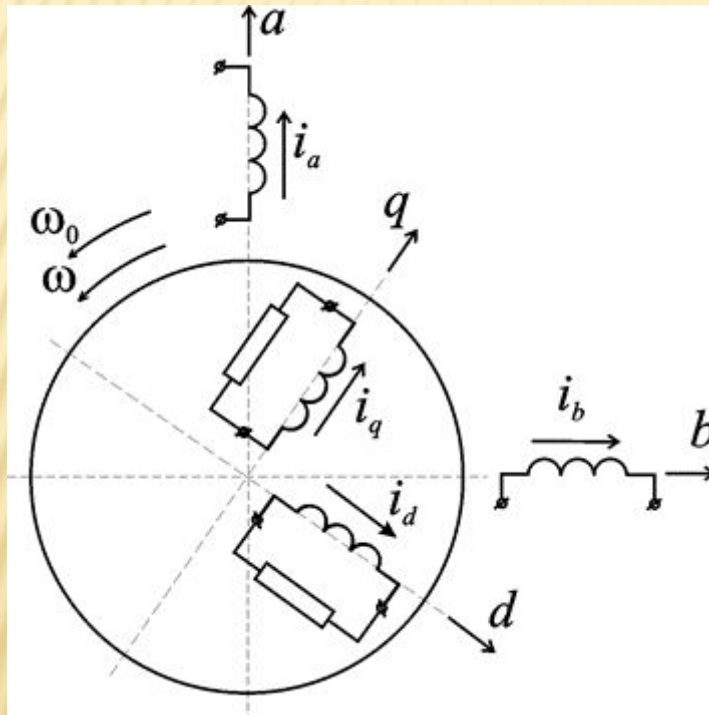
Пояснения к принципу действия синхронной машины



Пояснения к принципу действия машины постоянного тока.

# Основные положения электромеханики

Вариант 2. Скорость вращения ротора не равна, например, меньше скорости вращения поля статора



Для асинхронных машин вводится понятие скольжения

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$$

Относительная величина, определяемая как скорость вращения ротора относительно скорости вращения поля статора в долях скорости вращения поля статора.

Пояснения к принципу действия асинхронной машины

# Основные положения электромеханики

---

4. Процесс электромеханического преобразования энергии в любой электрической машине обратим (любая электрическая машина может работать как двигателем, так и генератором).

Генераторные режимы работы электрических машин в электроприводе используют, как правило, с целью преобразования излишков механической энергии в электрическую энергию в тормозных режимах для увеличения темпа снижения скорости или торможения электрических машин и приводимых в движение механизмов.



# Основные положения электромеханики



Энергетические диаграммы электрической машины в двигательном и тормозных режимах работы (в режиме рекуперации; в режиме противовключения и (г) – в режиме динамического торможения).

Различают три тормозных режима работы, отличающихся направлениями потоков мощности: рекуперативный, противовключения и динамического торможения, Некоторые машины могут работать во всех выделенных режимах, для других некоторые режимы физически не реализуемы.

# Основные положения электромеханики

---

В асинхронной машине ротор, как и статор имеют распределенную в пространстве многофазную обмотку, питаемую многофазным переменным током.

Поскольку поле статора перемещается относительно ротора, электрическая энергия в ротор передается электромагнитным путем (как в трансформаторе). В обычной асинхронной машине **ротор не получает питания извне!**

В частном случае, с целью дополнительного расширения функциональных возможностей машины ее роторные обмотки могут получать питание от отдельного регулируемого многофазного источника переменного тока (преобразователя частоты). Такие электрические **машины получили название машины двойного питания.**



# Принцип действия основных типов электрических машин

---

- **Электрические машины** вращательного типа состоят из двух основных частей – статора и ротора, разделенных воздушным зазором. **Ротор** вращается, **статор** неподвижен. Обычно и статор и ротор изготовлены из листов электротехнической стали с высоким удельным сопротивлением (например, из кремнистой стали). Обмотка называется статорной или роторной в зависимости от того, на какой части двигателя она находится.

# Принцип действия коллекторных машин постоянного тока

## Режим генератора

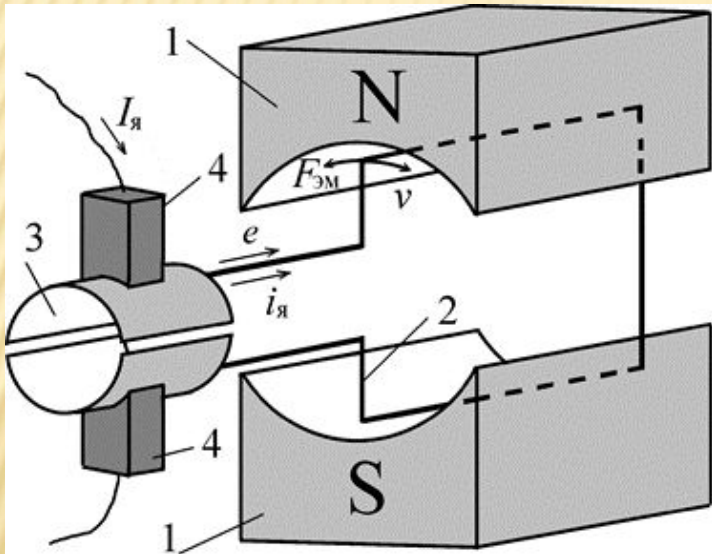
Якорь приводится во вращение внешним источником механической мощности.

В нем наводится ЭДС движения  $e$ .

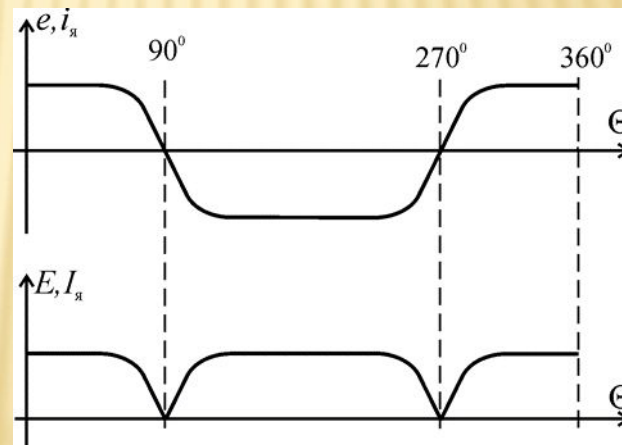
Ее направление может быть определено по правилу правой руки.

ЭДС верхнего и нижнего проводников витка направлены согласно, поэтому

$$e = 2Blv$$



Простейшая модель машины постоянного тока



Изменение тока и ЭДС простейшей машины в функции углового положения витка



# Принцип действия коллекторных машин постоянного тока

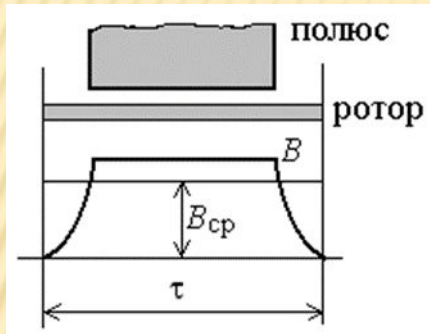
---

Если виток замкнуть через коллектор и внешнюю цепь (за щетками) на нагрузку в виде активного сопротивления  $R$ , то в нем потечет переменный ток  $i_a$ , по форме совпадающий с ЭДС  $e$ . Во внешней же цепи ток  $I_a$  не изменяет направления из-за действия коллектора, так как при повороте якоря и коллектора на 180 град. и изменении направления ЭДС происходит смена пластин под щетками.

Под верхней щеткой всегда находится коллекторная пластина, соединенная с проводником, расположенным под северным полюсом, а под нижней – с южным. В генераторе коллектор является механическим выпрямителем – преобразует переменный ток обмотки якоря в постоянный ток во внешней цепи.



# Принцип действия коллекторных машин постоянного тока



Если индукцию  $B$  в пределах полюсного деления заменить ее средним значением  $B_{\text{ср}}$

$$E = 2B_{\text{ср}}lv = 2 \frac{\Phi}{\pi \frac{D}{2} l} l \omega \frac{D}{2} = k\Phi\omega,$$

На каждый из проводников с током, находящихся в магнитном поле, в соответствии с законом Ампера действует **сила**  $F_{\text{эм}}$ , направление которой определяется **по правилу левой руки**

$$F_{\text{эм}} = B_{\text{ср}} I_{\text{я}}$$

Эти силы создают электромагнитный момент

$$M = 2B_{\text{ср}} l \frac{D}{2} I_{\text{я}}$$

$$M = 2 \frac{\Phi}{\pi \frac{D}{2} l} l \frac{D}{2} I_{\text{я}} = \frac{2}{\pi} \Phi I_{\text{я}} = k\Phi I_{\text{я}}$$

# Принцип действия коллекторных машин постоянного тока

---

## Режим двигателя

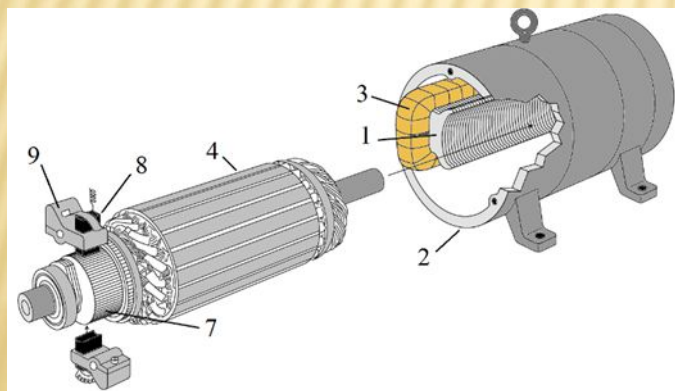
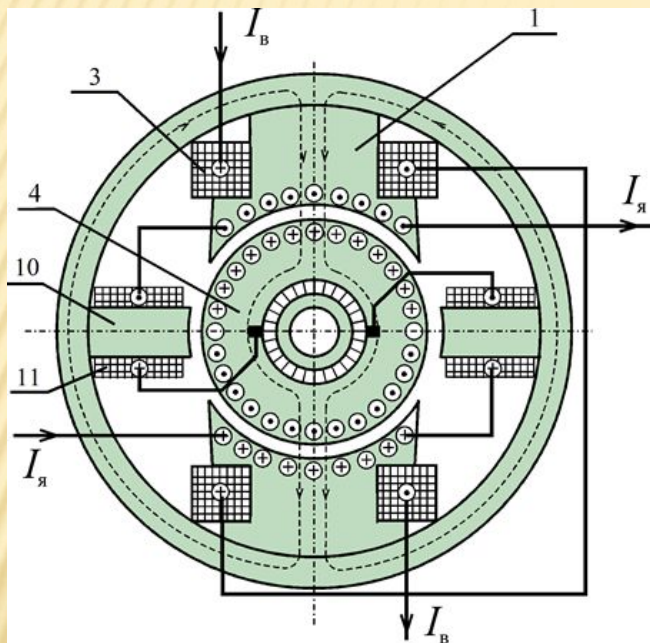
К якору через коллектор подводится постоянный ток от внешнего источника электрической энергии. На якорь действуют электромагнитные силы  $F_{эм}$  и возникает момент  $M$ . Однако направление момента теперь совпадает с направлением вращения и он является движущим.

В режиме двигателя коллектор преобразует постоянный ток, потребляемый из сети, в переменный ток в обмотке якоря, т.е. работает механическим инвертором.

**Для перехода МПТ из генераторного режима в режим двигателя и обратно при неизменном расположении щеток необходимо изменить направление тока в якоре.**



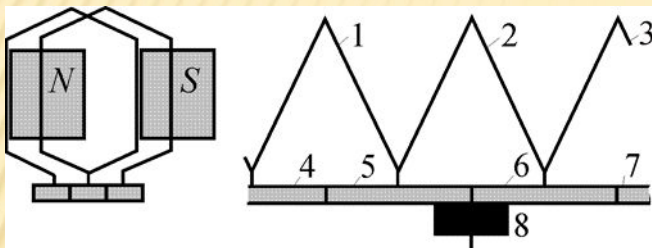
# Особенности конструкции и работы реальных машин постоянного тока



Основной магнитный поток в МПТ создается **главными полюсами 1**. На них располагается **обмотка возбуждения 3**, по которой протекает ток возбуждения  $I_B$ . Для равномерного распределения потока в воздушном зазоре машины главные полюса имеют **полюсные наконечники** специальной формы. **Якорь 4** набирается из листов электротехнической стали и крепится на валу. На внешней поверхности он имеет пазы, в которые укладывается якорная обмотка. Активные части каждой секции располагаются в двух пазах под разными полюсами. Одну сторону секции укладывают в верхнем слое паза, а другую – в нижнем.

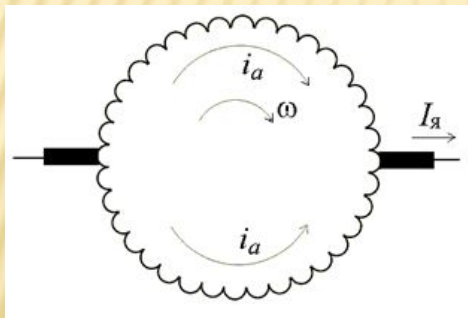


# Особенности конструкции и работы реальных машин постоянного тока



Выводы якорной обмотки присоединяются к коллекторным пластинам.

Секции обмотки через коллекторные пластины соединяются последовательно, образуя кольцо. **Якорную обмотку можно представить в виде замкнутой спирали, по поверхности которой скользят щетки.** Щетки делят последовательно соединенные секции обмотки на параллельные ветви. При перемещении пластин коллектора относительно щеток секции поочередно переходят из одной параллельной ветви в другую. Этот процесс, называют коммутацией. Он приводит к поочередному изменению направления тока в секциях.



Принцип выполнения якорной обмотки

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**