

**Сессия началась?**



**Когда?**

# **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ**

**Раздел 2 Электрические машины**

**Тема 1.1 Классификация электрических машин**

## **Занятие 1**

**Классификация электрических машин**

- 1**
- 2**
- 3**

# **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ**

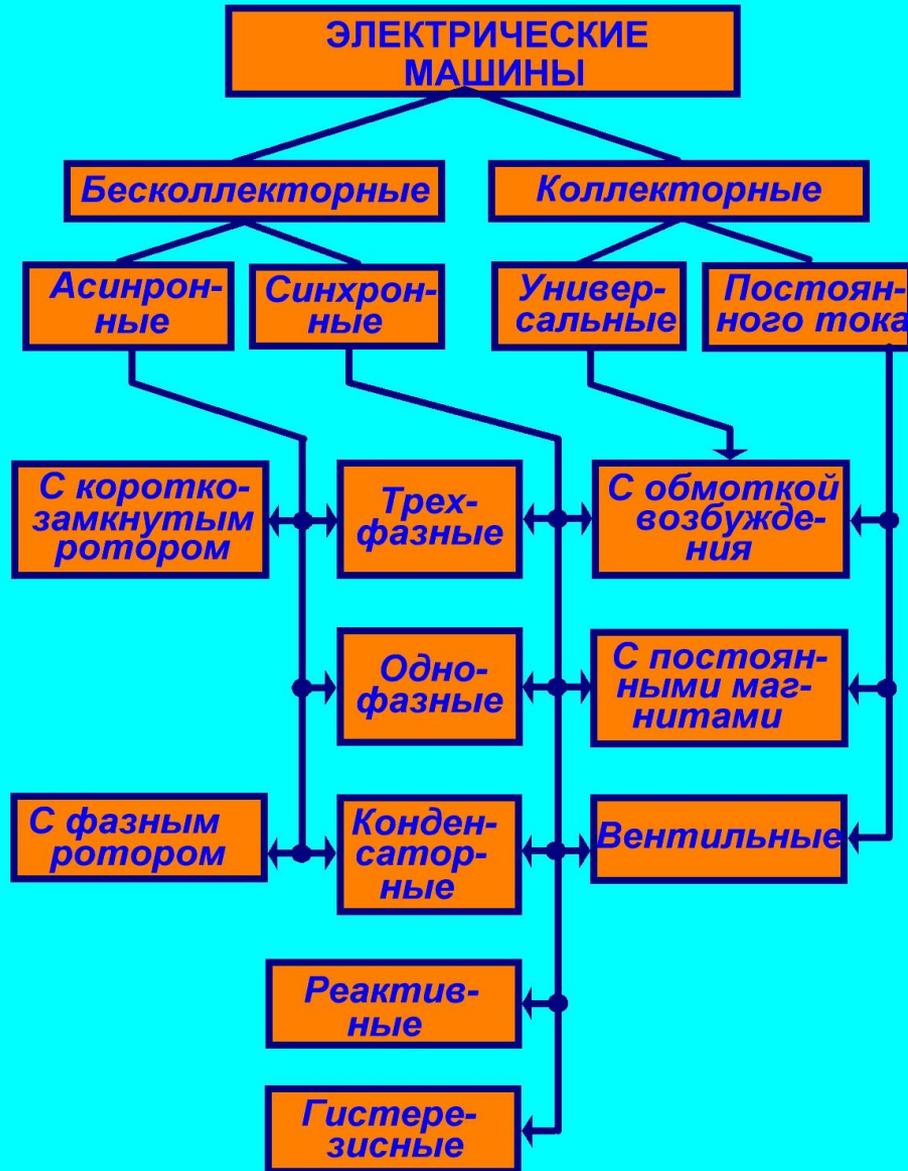
## **Цели занятия:**

- 1**
- 2**
- 3**

**1 Изучить  
классификацию  
электрических машин**

- 1 Куда показывает синяя стрелка компаса? На север или юг?
- 2 Электроны движутся от «-» к «+», а электрический ток (направленное движение заряженных частиц-электронов, т.е отрицательных) от «+» к «-», почему?
- 3 Физический смысл ЭДС самоиндукции?
- 4 Сколько Вольт составляет нескомпенсированная часть напряжения  $U_1$ ?
- 5 Назначение нескомпенсированной части напряжения?
- 6 Можно-ли изготовить постоянный магнит в виде сферы (шара)?
- 7 Почему магниты теряют свои свойства, если между ними поместить лист железа?
- 8 МГД-генератор и МГД-двигатель – это электрические машины?
- 9 Сила Ампера
- 10 Явление Фарадея
- 11 Как взаимодействует постоянный магнит с корпусом работающего АД?
- 12 АСМ с шариками, индукционное вращение и нагрев
- 13 Обозначения физических величин
- 14 Явление электромагнитной индукции

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН



**Электрические машины** – это **электромеханические преобразователи**, в которых осуществляется преобразование электрической энергии в механическую или механической в электрическую.

**Основное отличие** электрических машин от других преобразователей в том, что они **обратимы**, т.е. одна и та же машина может работать в режиме **двигателя**, преобразуя электрическую энергию в механическую, и в режиме **генератора**, преобразуя механическую энергию в электрическую

По виду создаваемого в машинах поля, в котором происходит преобразование энергии, ЭМ подразделяются на

**ИНДУКТИВНЫЕ, ЕМКОСТНЫЕ  
И ИНДУКТИВНО-ЕМКОСТНЫЕ.**

Современные широко применяемые в промышленности и других отраслях народного хозяйства электрические

машины — **ИНДУКТИВНЫЕ**

По функциональному назначению части или детали ЭМ делят на

**активные** и

**конструктивные.**

**Активные части** индуктивных

ЭМ-это **магнитопроводы** и

находящиеся в пределах их объемов

**токопроводы**

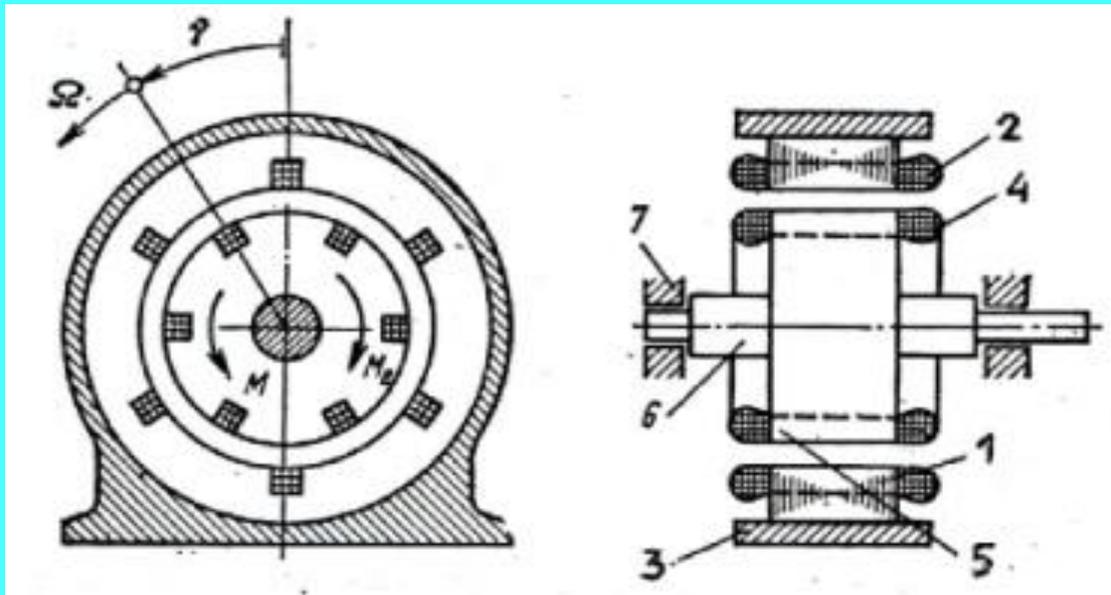
# Конструктивные части

служат, главным образом, для подведения электрической и механической энергии к зоне преобразования, удаления потерь из этой зоны, обеспечения требуемого пространственного расположения

Механическая энергия может  
быть подведена или отведена  
от ЭМ посредством разного  
рода (характера) движения:  
вращательного,  
поступательного,  
колебательного

# Конструктивные схемы ЭМ с цилиндрической формой

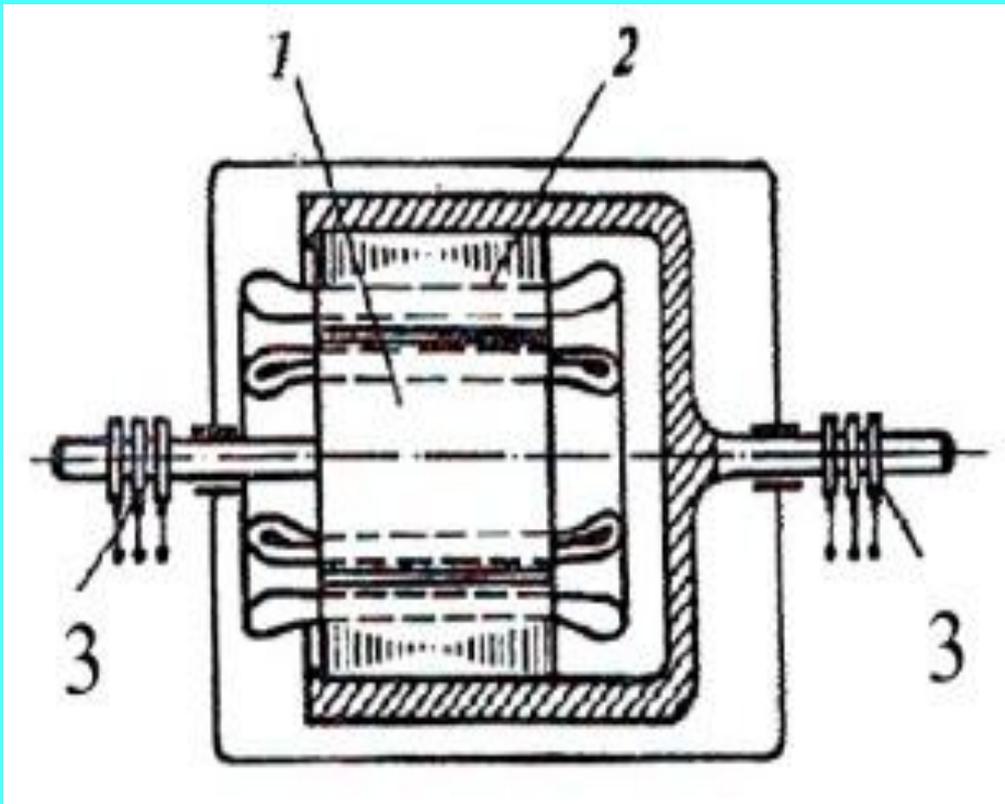
**Одномерные** – с одной степенью свободы



Такие ЭМ называются **вращающимися**, неподвижная часть называется **статором**, а подвижная – **ротором**.

# Конструктивные схемы ЭМ с цилиндрической формой

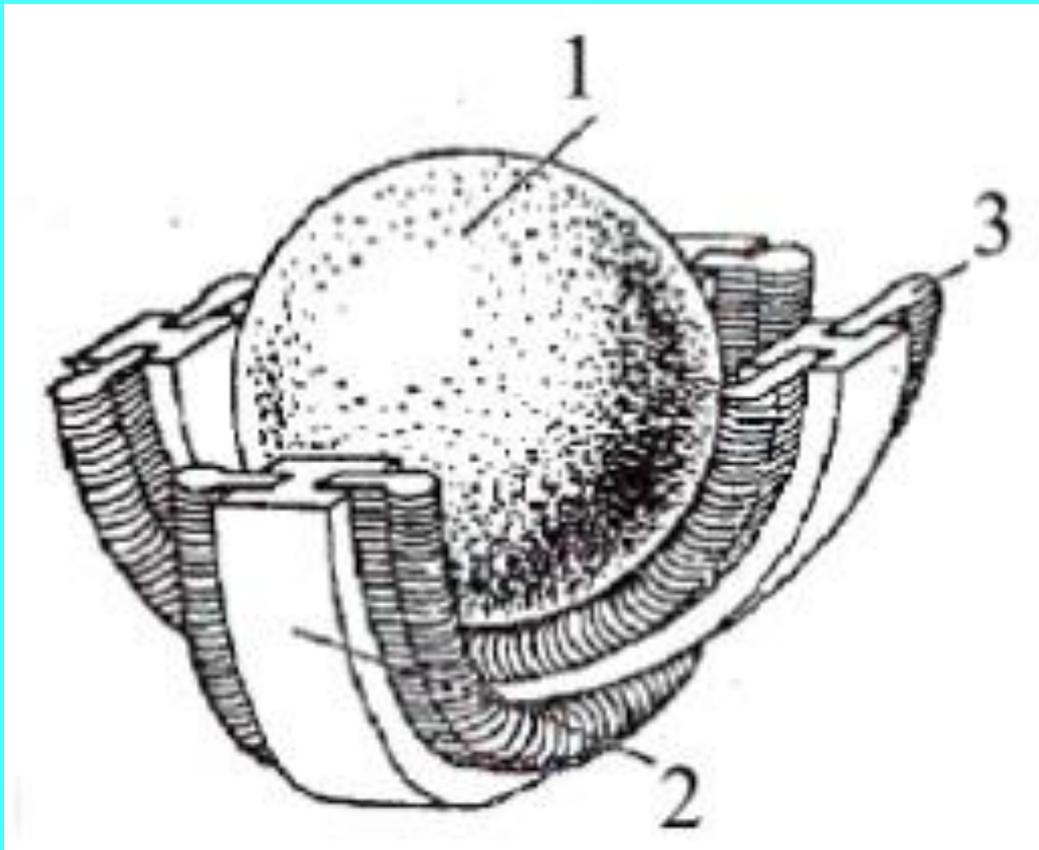
**Двухмерные** – с двумя степенями свободы



Внутренний **1** и внешний **2** роторы вращаются в противоположных направлениях. Двойной комплект контактных колец **3** обеспечивает электрическую связь с вращающимися обмотками

# Конструктивные схемы ЭМ

**Трехмерные** – с тремя степенями свободы



Ротор выполнен в виде шара **1**, приводимого во вращение двумя полукольцевыми статорами **2** и **3**, расположенными под углом **90°**. Такие машины используются в навигационных приборах

# Конструктивные схемы ЭМ с цилиндрической формой

**Шестимерные** – с шестью степенями свободы

Максимальное число степеней свободы имеют применяемые в космической технике шестимерные машины, в которых сферические «статор и ротор» обладают тремя степенями свободы каждый

Для того чтобы МДС,  
необходимая для создания  
магнитного поля, не была  
чрезмерно велика,  
магнитопроводы статора и ротора  
электрической машины  
выполняют из ферромагнитного  
материала, магнитная  
проводимость которого во много  
раз больше, чем проводимость  
неферромагнитной среды

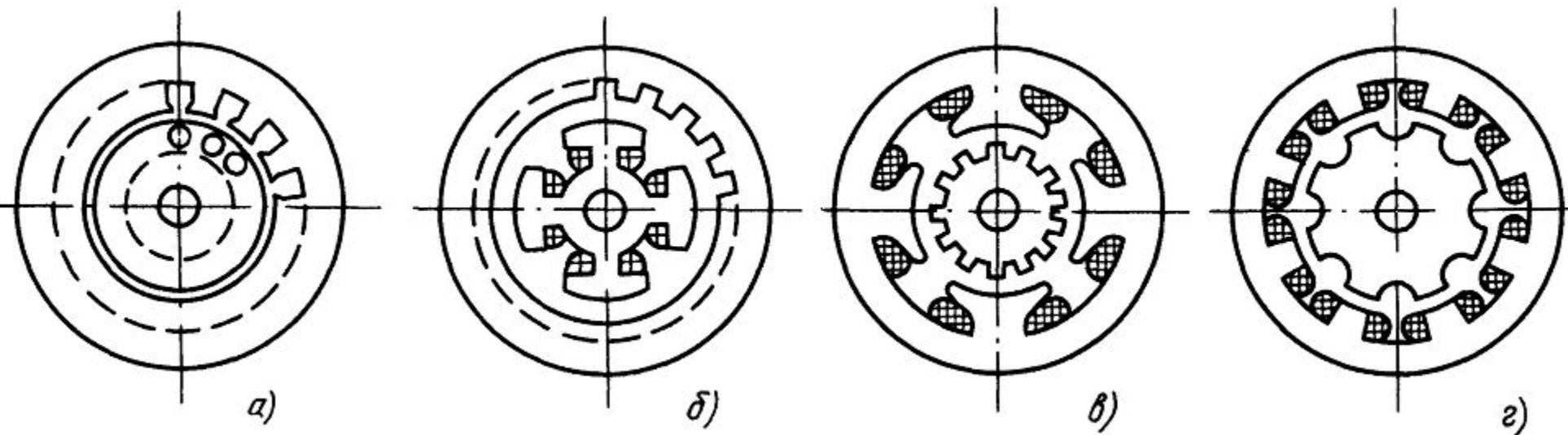
# Участки магнитопровода, в которых поток переменный, для уменьшения потерь на вихревые токи выполняют ШИХТОВАННЫМИ из тонких листов электротехнической стали

Во многих случаях токи Фуко могут быть нежелательными. Для борьбы с ними принимаются специальные меры: с целью предотвращения потерь энергии на **нагревание магнитопроводов** трансформаторов и ЭМ, эти сердечники набирают из тонких пластин, разделённых изолирующими прослойками. Появление **ферритов** сделало возможным изготовление этих проводников сплошными

# Электротехническая сталь

— это сплав железа с добавлением кремния Si, что позволяет уменьшить площадь петли гистерезиса и магнитные потери на перемагничивание магнитопровода при переменном магнитном потоке  $\Phi$ .

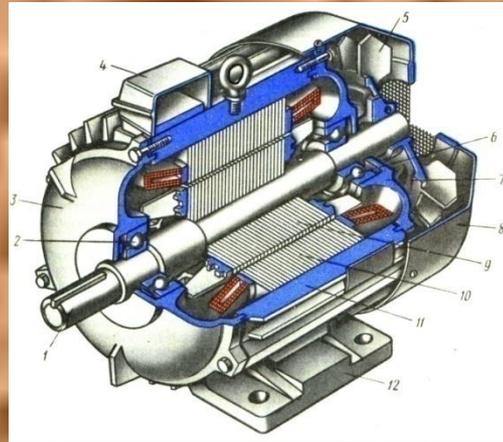
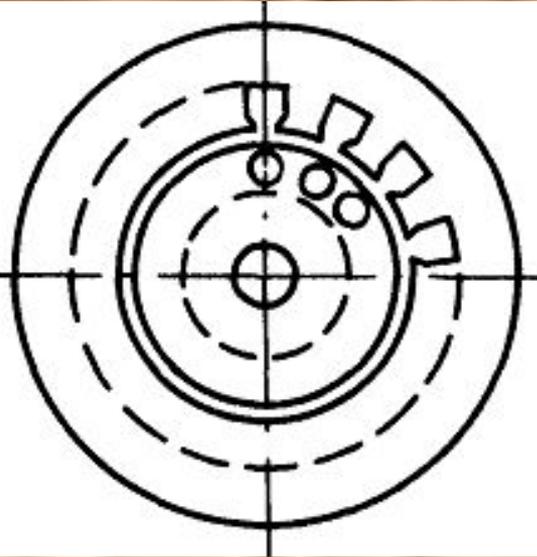
Непременным условием преобразования энергии является **изменение** **потокосцепления** обмоток в зависимости от взаимного положения ее частей — статора и ротора. Это условие может быть выполнено при различных вариантах конструктивных форм магнитопровода и при различных конструкциях и расположении обмоток



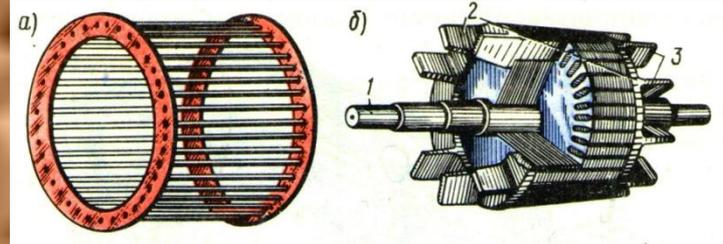
# Основные конструктивные исполнения электрических машин

- а) Асинхронная
- б) Синхронная
- в) Коллекторная
- г) Индукторная

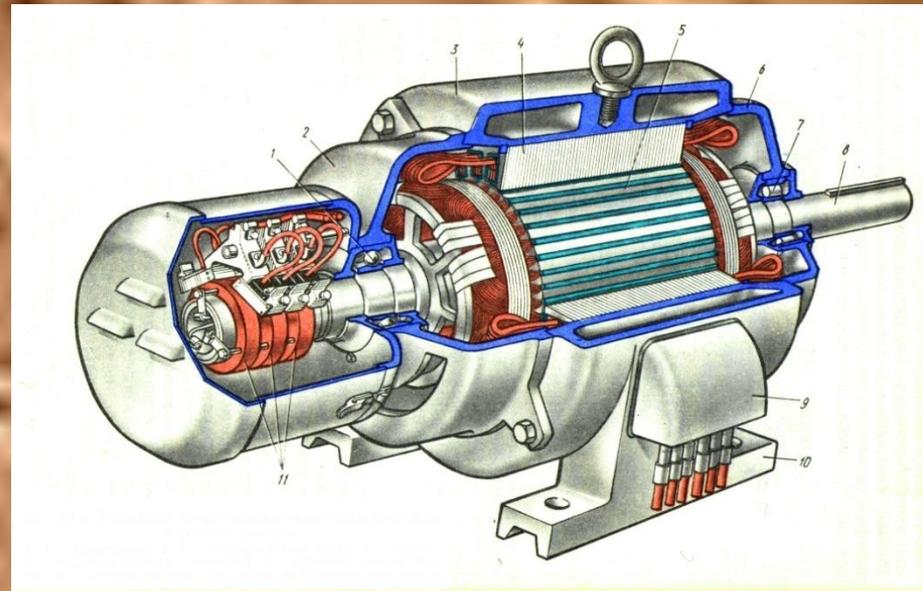
# Асинхронная электрическая машина



АД с короткозамкнутым к.з. ротором



АД с фазным ротором

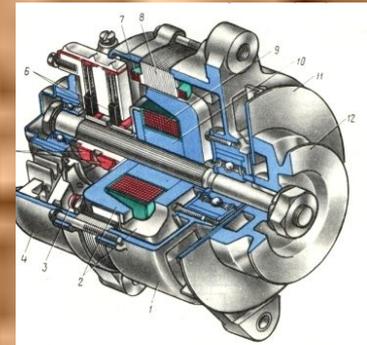
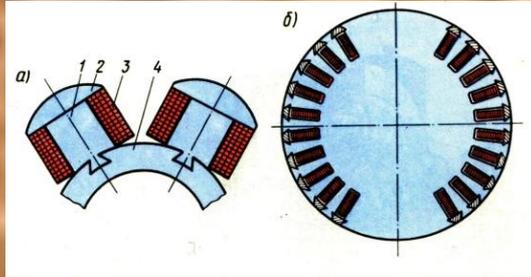


# Синхронная электрическая машина

Явно-выраженные полюса

Не явно-выраженные полюса

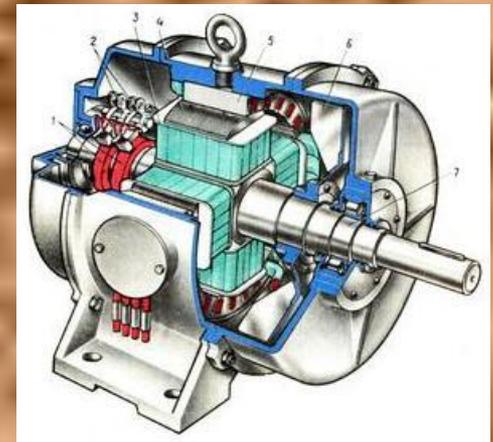
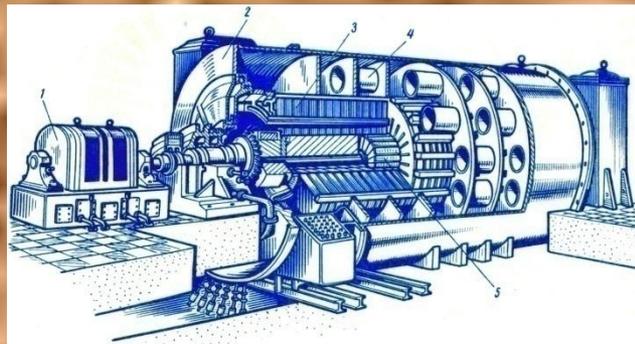
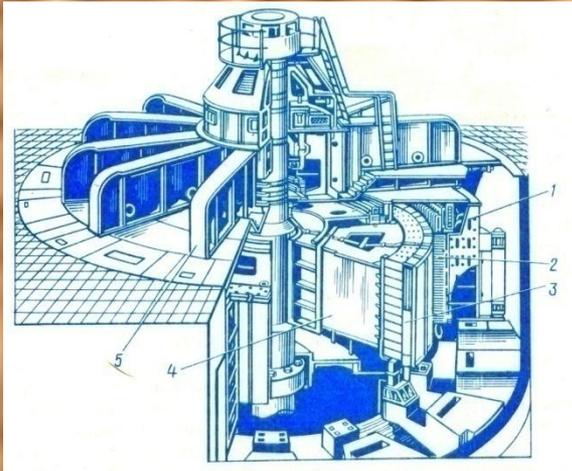
Зарядный генератор



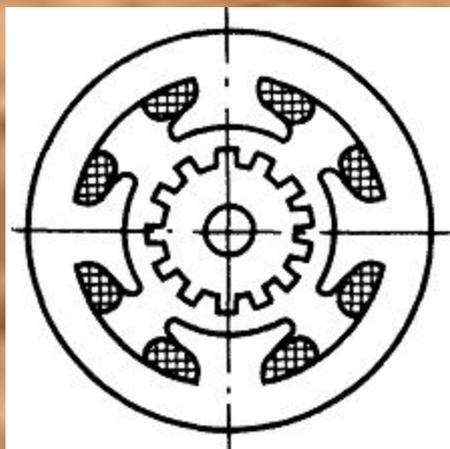
Гидрогенератор

Дизель-генератор

Турбогенератор

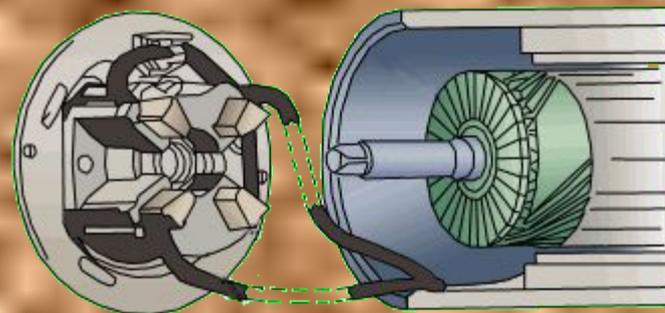
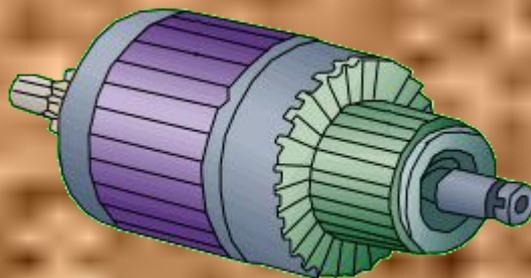


# Коллекторная электрическая машина



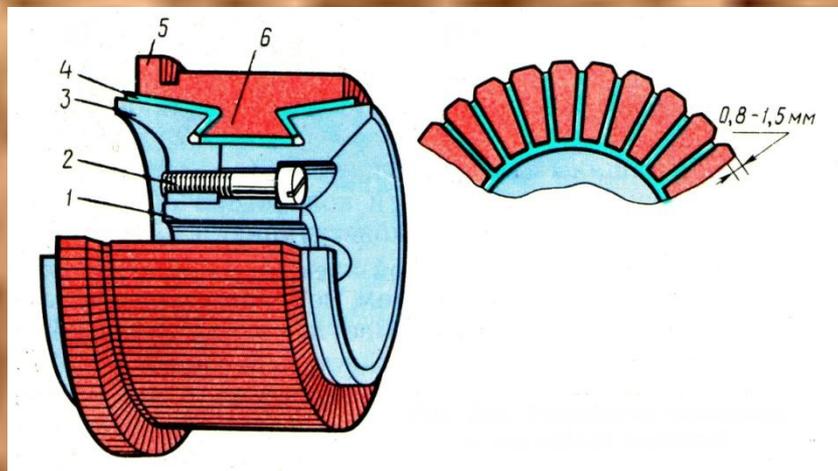
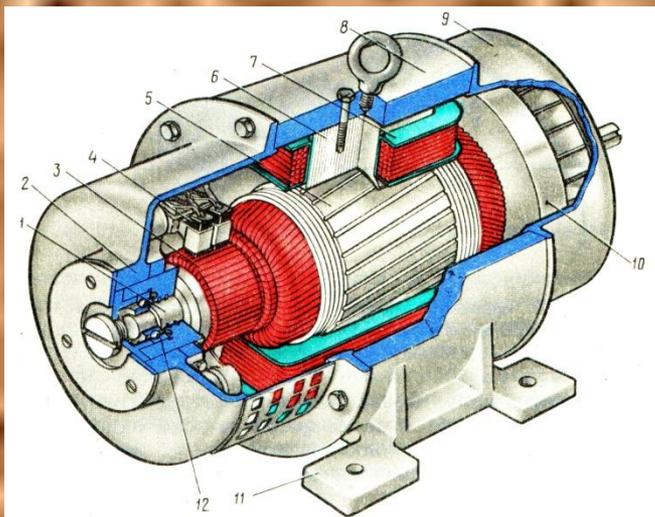
Цилиндрический коллектор

Торцевой коллектор

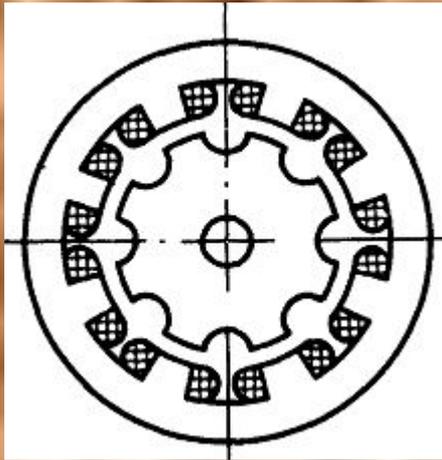


МПТ

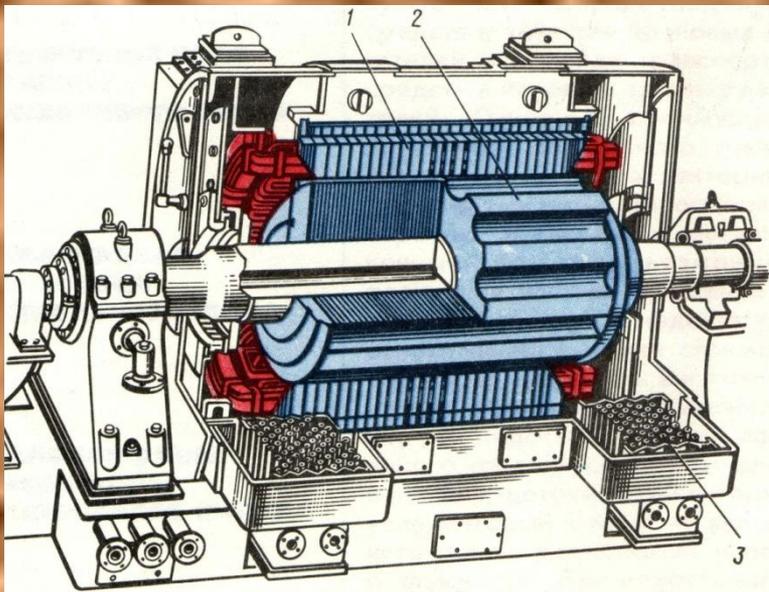
Коллектор



# Индукторная электрическая машина

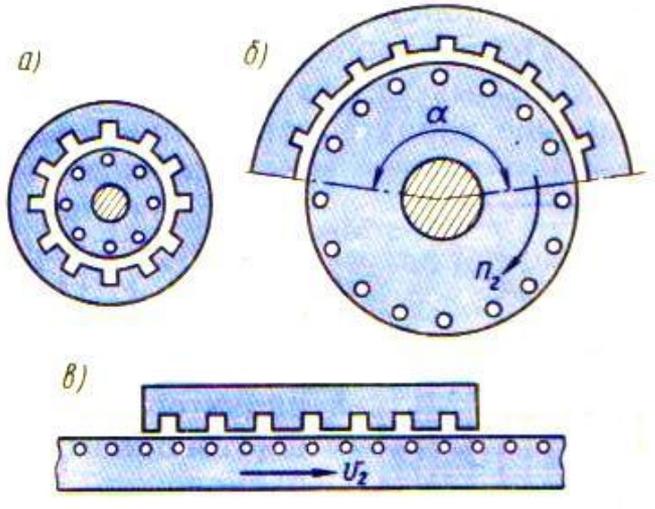


Частотный преобразователь индукторного типа

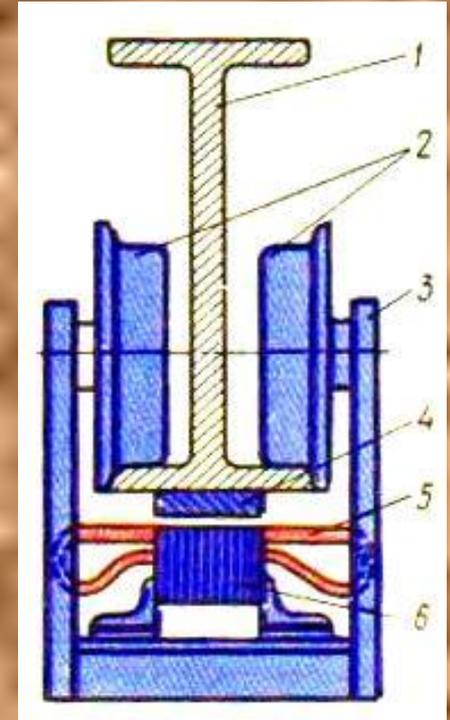


Возбудитель индукторного типа

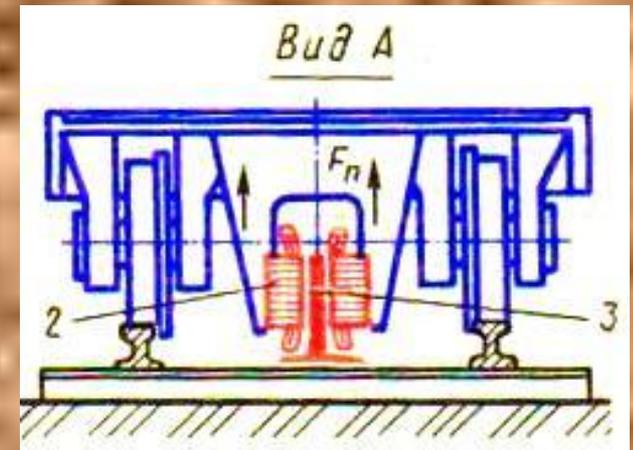
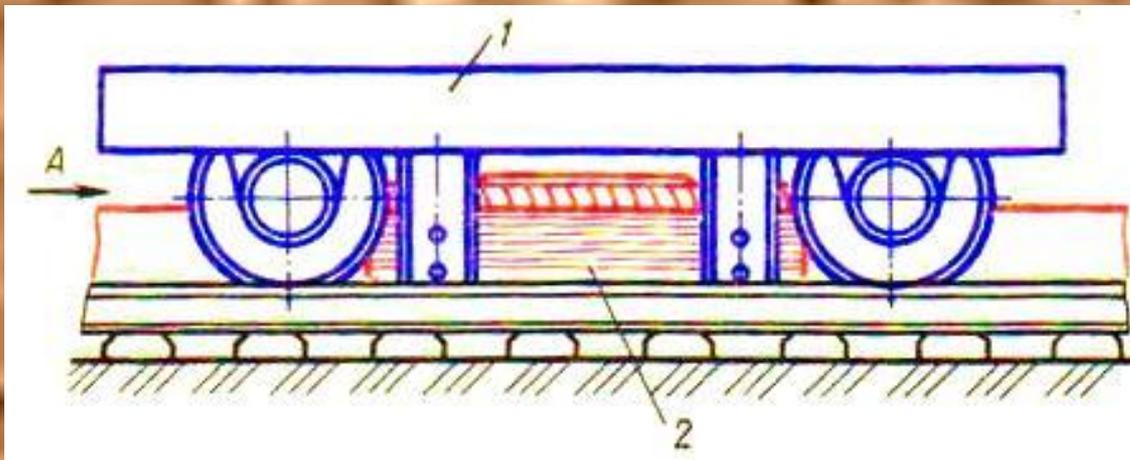
# Модификации конструкций ЭМ



б) Асинхронный электродвигатель с сегментным (дуговым статором)

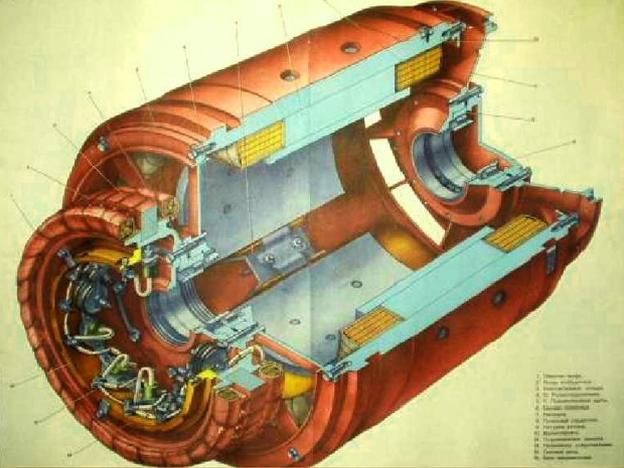


в) Линейный асинхронный электродвигатель



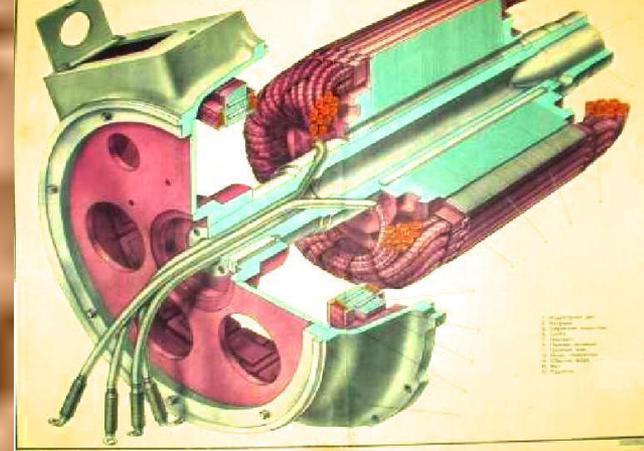
# Модификации конструкций ЭМ

РОТОР ГЕНЕРАТОРА ГСМ-100 С ЯКОРЕМ ВОЗБУДИТЕЛЯ



Синхронный генератор  
обращенного  
типа

ЯКОРЬ ГЕНЕРАТОРА ГСМ-100 С ИНДУКТОРОМ ВОЗБУДИТЕЛЯ

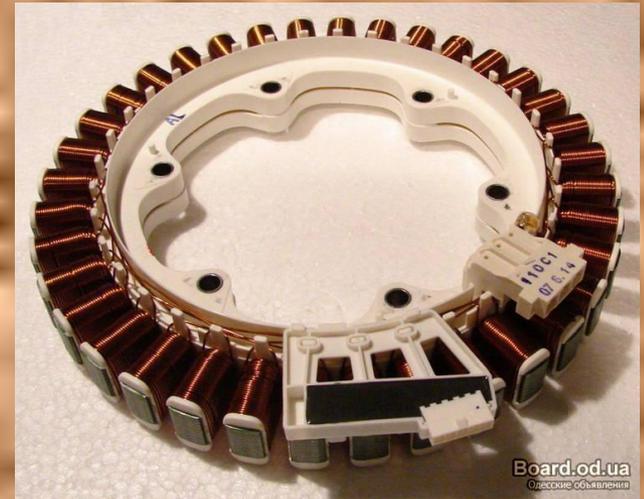


Ротор

Статор

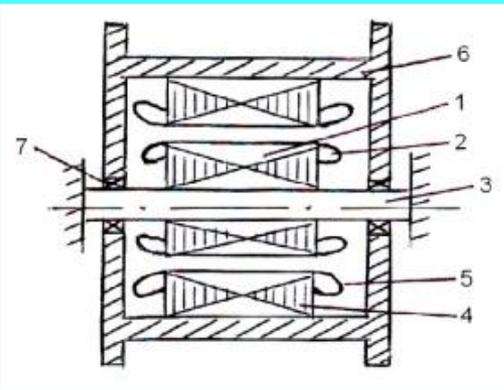


Трехфазный  
инверторный  
ДПТ  
обращенного  
типа с ШИМ



# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы

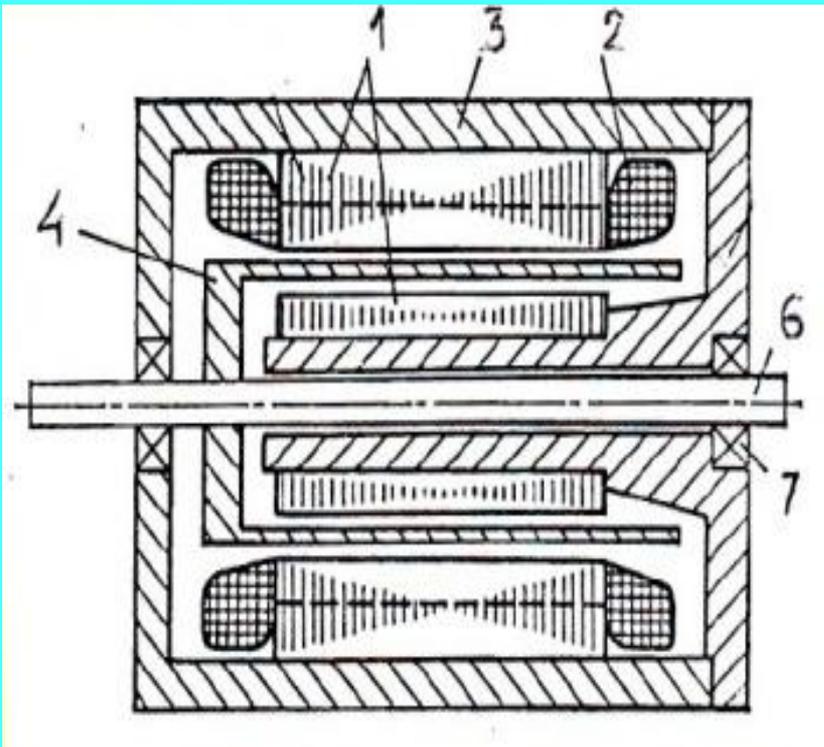
## Обращенные конструкции



Однако применяются и **обращенные конструкции**, в которых ротор является внешним по отношению к статору. Такие ЭМ с **внешним ротором** выполняют с целью **увеличения момента инерции** вращающихся частей (например, электропривод транспортера, силовой генератор дизель – генератора или когда **ротор в виде полого цилиндра целесообразно объединить в одной конструкции** с рабочими органами механики, например, с барабаном лебедки

# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы

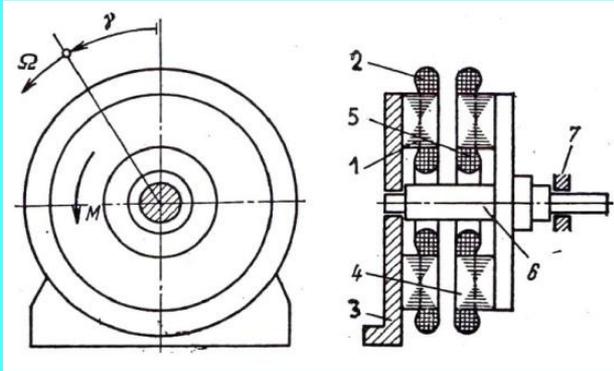
## ЭМ с **полым** ротором



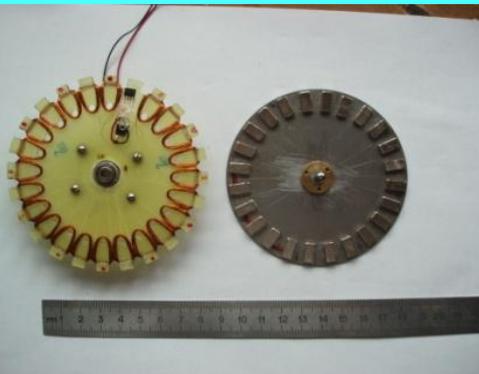
Промежуточное положение занимает конструкция цилиндрической ЭМ, **полый ротор** которой помещен между двумя магнитопроводами статора – **внешним и внутренним**. Такие машины имеют малый момент инерции и находят применение в качестве асинхронных управляемых двигателей малой мощности в различных автоматических устройствах.

# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы

## Торцевые ЭМ

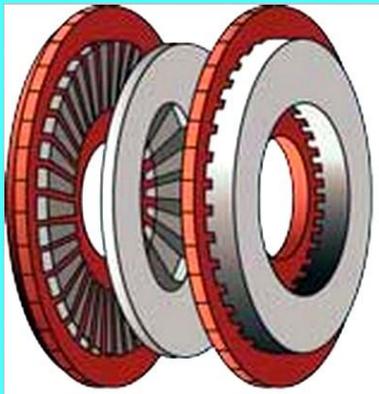


Возможно также конструктивное исполнение вращающейся ЭМ, в которой **статор и ротор имеют форму дисков**, обращенных друг к другу торцевыми поверхностями. Подобные конструкции ЭМ называются **торцевыми** и находят применение в качестве микромашин (приводы жестких дисков ПК).



# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы с постоянными магнитами

Электродвигатели с **аксиальным** магнитным потоком



ЭМ с **внутренним ротором** и двумя обмотками статора

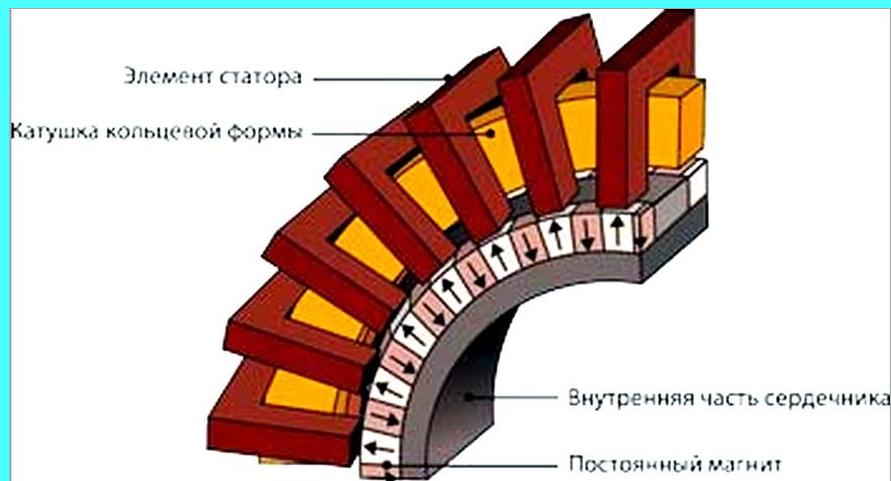


ЭМ с аксиальным потоком **тороидальной формы** - статор с двумя роторами вокруг неподвижного статора

Применение конструкций с постоянными магнитами с **осевым, аксиальным, поперечным и радиальным магнитными потоками**

# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы с постоянными магнитами

Электродвигатели с **поперечным** магнитным потоком



В таких двигателях U-образные магнитные элементы расположены вокруг обмотки статора кольцевой формы

Компания Electric Research Institute (Южная Корея) выпускает электродвигатели с поперечным потоком уже более 10 лет. Причем в этой компании **разработаны версии как для линейного, так и для вращательного движения**. Эти транспортные системы способны достигать 1120 фунт-сила (5000 Н). Электродвигатели с поперечным потоком могут развивать очень высокий крутящий момент и плотность мощности, но отличаются довольно высокой стоимостью. В настоящее время их **применение ограничено** специальными приложениями.

# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы с постоянными магнитами

## Гибридные электродвигатели с **радиальным** магнитным потоком

Здесь используются сразу две технологии двигателей:

1. Двигатели с постоянным магнитом (PM) и переменным магнитным сопротивлением (VR).
2. Индукционные двигатели переменного тока с постоянным магнитом (PM).

Лучший пример такого объединения продемонстрировала компания QM Power. **Новая технология** QM Power — ParallelPath Magnetic Technology (**PPMT**) — объединяет VR- и PM-технологии. Два магнитных потока протекают по одним и тем же магнитным элементам электродвигателя: один поток формируется двумя PM, а другой — VR-обмоткой ротора-статора. Магнитная сила может быть увеличена в три раза, что приводит к росту плотности мощности на 30% и аналогичному возрастанию пиковой эффективности, как утверждает QM Power. Диапазон мощности составляет от 100 Вт до сотен кВт.

# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы с постоянными магнитами

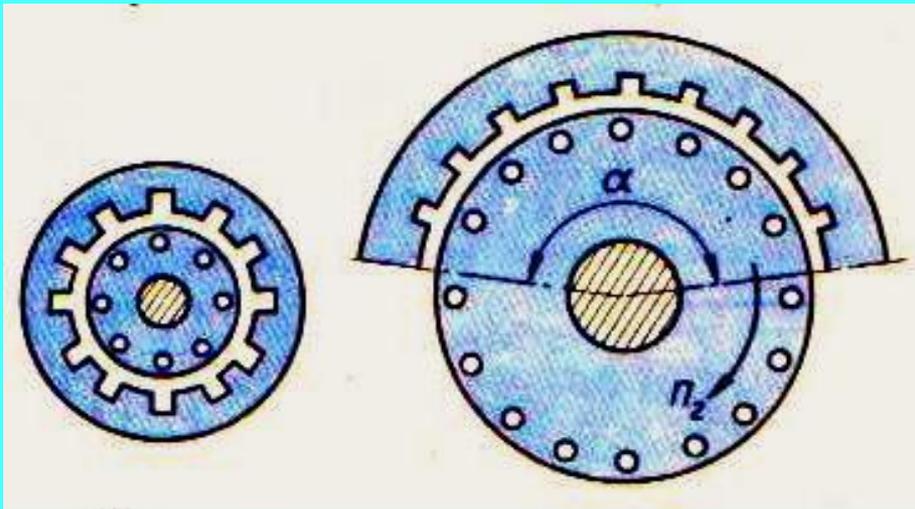
## Гибридные электродвигатели с радиальным магнитным потоком

**РРМТ** предназначены для работы в приложениях как с постоянной, так и с переменной скоростью вращения, включая тяговые приводы. РРМТ характеризуются высокой эффективностью по мощности при высоких нагрузках. Они демонстрируют очень хорошие характеристики при использовании **ферритовых** магнитов.

Другой пример гибридных двигателей — **линейный индукционный двигатель переменного тока**, объединяющий короткозамкнутый ротор и РМ-магнит (обычно ферритовый), что позволяет значительно улучшить эффективность электродвигателя. Компания Lafert Corp. (Италия) выпускает семейство промышленных и коммерческих линейных РРМТ-двигателей переменного тока мощностью 1...15 кВт с увеличенной пиковой эффективностью на 5–8%.

# Конструктивные схемы ЭМ цилиндрической формы

## АД с **дуговым статором**



Находит применение конструктивное исполнение вращающейся ЭМ, в которой **статор имеет дуговую форму**. Асинхронные дуговые электродвигатели применяют для безредукторного привода устройств, требующих небольших частот вращения, исключив применение редуктора

# Конструктивные схемы линейных АД

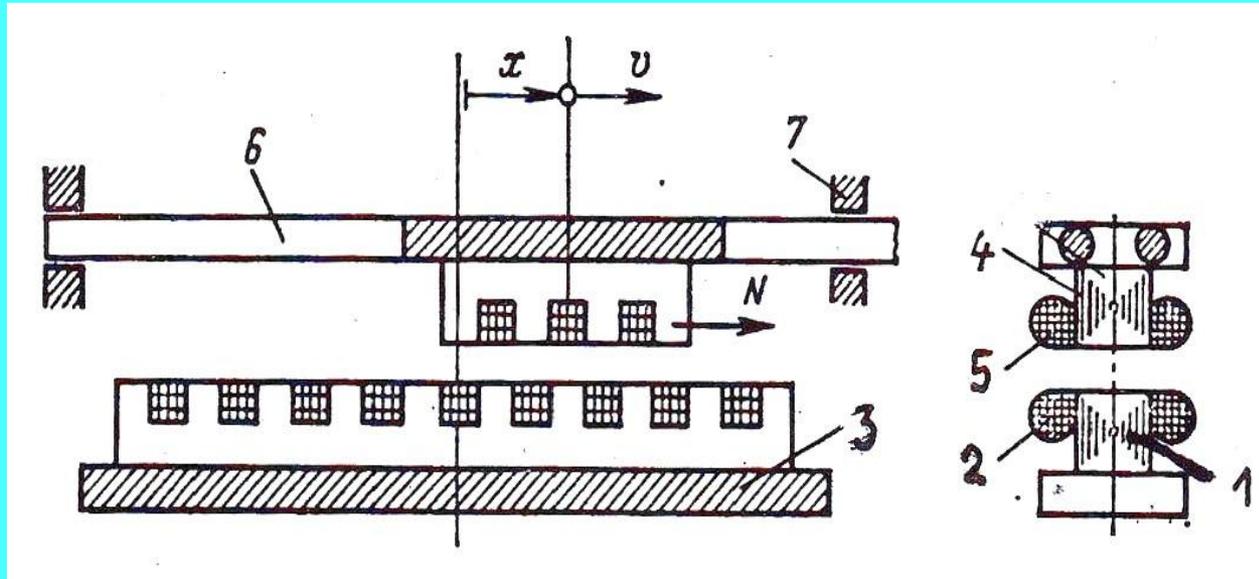
## Линейные АД

Применяются конструкции ЭМ, в которых подвижная часть перемещается **поступательно**, изменяя свое линейное положение относительно статора.

Указанные **ЭМ называют линейными**; они имеют два возможных конструктивных исполнения: **плоское и цилиндрическое**

# Конструктивные схемы линейных АД

## Плоский линейный АД

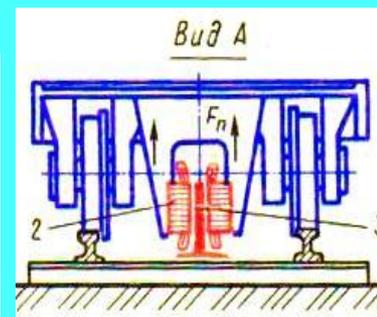
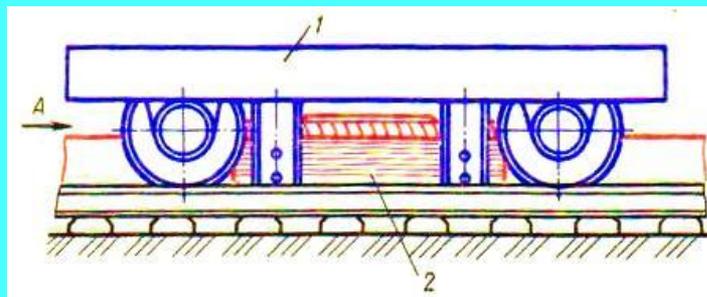
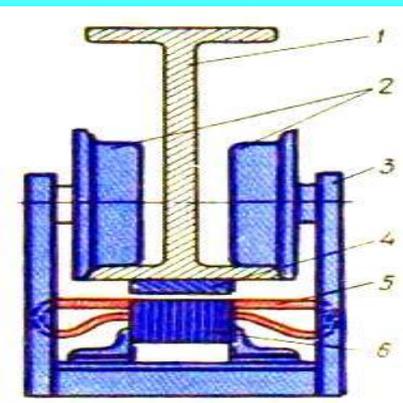


В **плоском АД** подвижный и неподвижный магнитопроводы имеют форму параллелепипедов, обращенных друг к другу плоскими гранями

# Конструктивные схемы линейных АД

## Плоский линейный АД

**Устройство** линейного асинхронного электродвигателя **привода тележки** подъемного крана

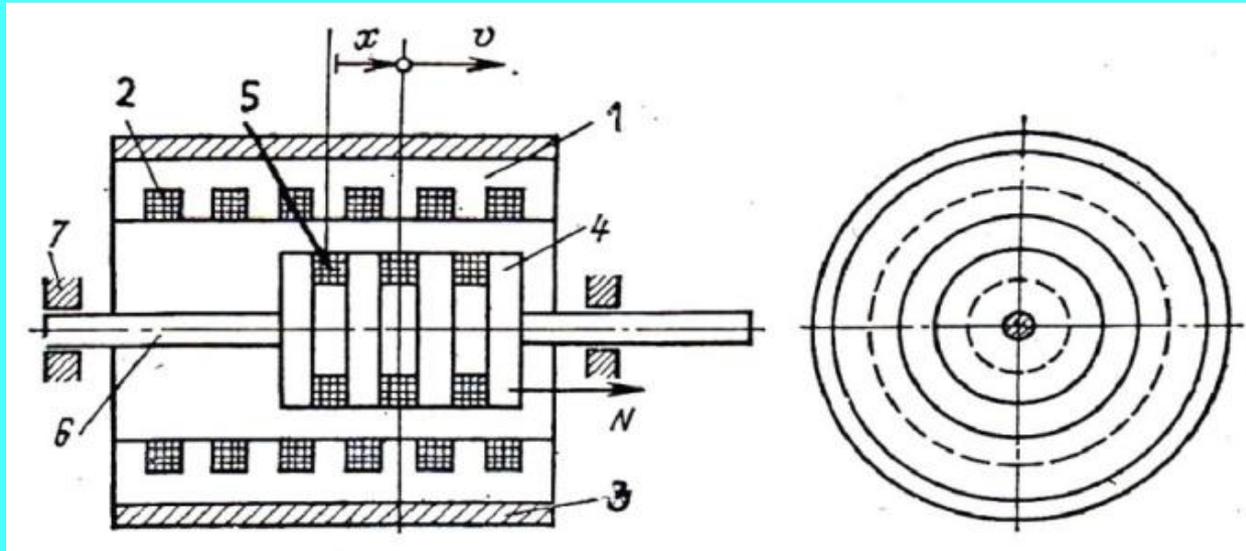


Линейные АД значительной мощности применяют на транспорте в качестве **тяговых двигателей**

Линейные асинхронные электродвигатели применяют для привода заслонок, ленточных конвейеров, подъемно-транспортных механизмов

# Конструктивные схемы линейных АД

## Цилиндрический линейный АД



В цилиндрическом линейном АД подвижный магнитопровод цилиндрической формы перемещается в осевом направлении внутри неподвижного магнитопровода кольцеобразной формы

# Конструкции вращающихся и линейных АД

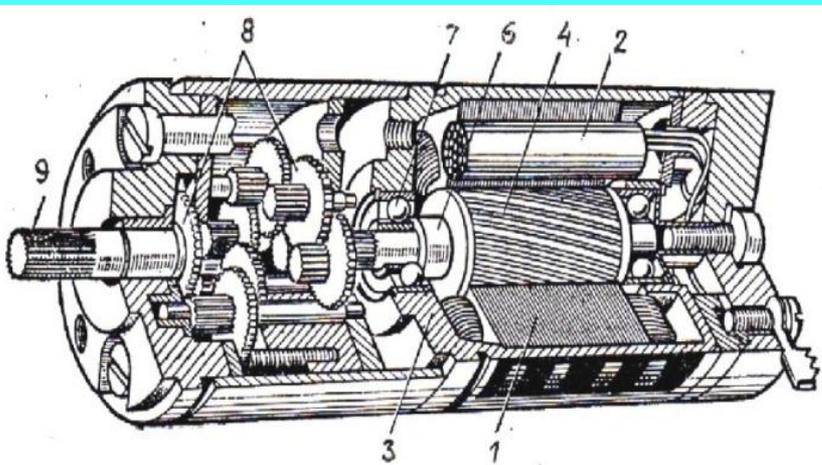
Вращающиеся и линейные АД для образования **колебательного движения**



Встречаются также конструкции вращающихся и линейных ЭМ, в которых подвижная часть совершает **колебательное** движение. Колебательные движения применяются для приведения в движение балансира электрических часов, ударной части отбойного инструмента

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## Зубчатый или планетарный редуктор (мультипликатор)

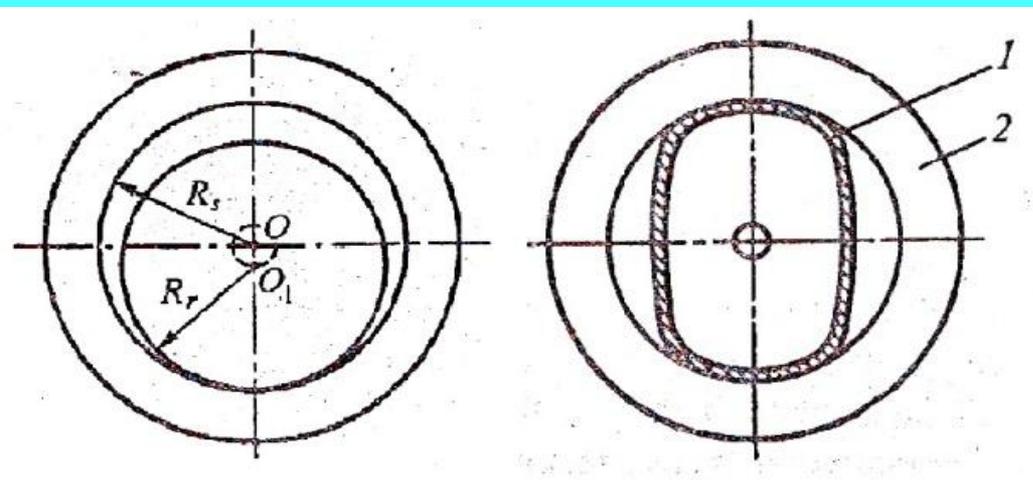


Для преобразования параметров механической энергии (рода и параметров движения) между ЭМ и потребителем механической энергии может быть установлен **механический преобразователь**

Наиболее распространенным механическим преобразователем является зубчатый или планетарный редуктор (мультипликатор) предназначенный для уменьшения или увеличения частоты вращения вала. Мультипликатор иногда **встраивается** в ЭМ, представляя с ней одно целое

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## Механическая редукция ЭД с **катящимся** и **гибким волновым** ротором



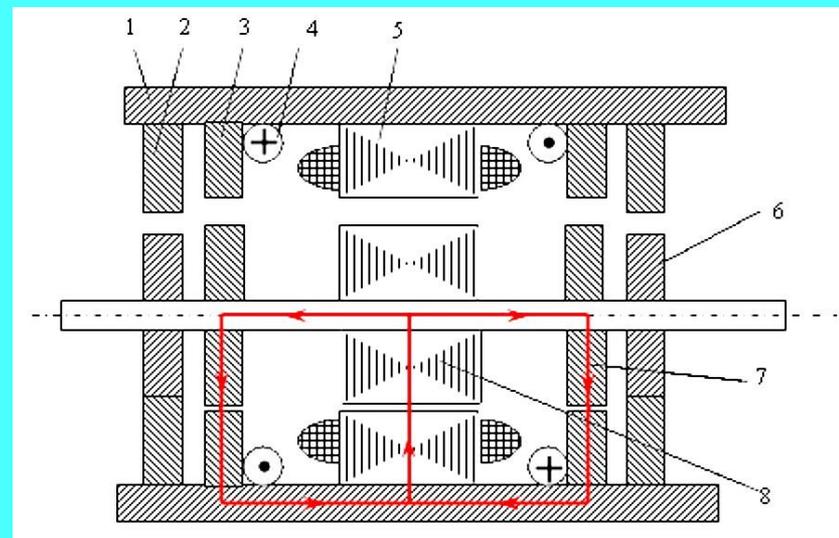
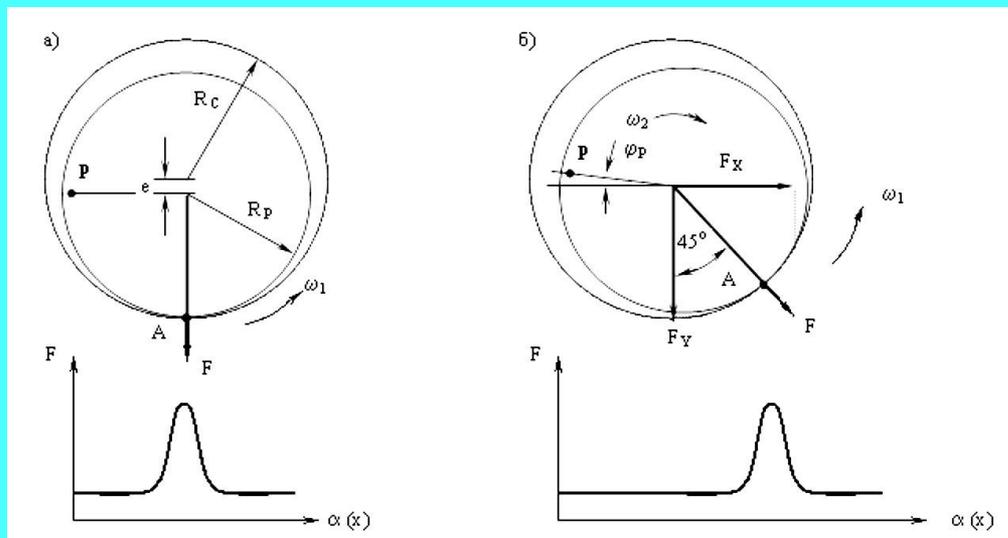
Механическая редукция, кроме того, может быть обеспечена применением ротора специальной конструкции: катящегося или гибкого волнового

**В первом случае** цилиндрический безобмоточный ротор катится по специальному направляющему внутри магнитопровода статора, занимая эксцентричное положение относительно него.

**Во втором случае** – полый тонкостенный ферромагнитный ротор 1, выполненный также без обмотки, деформируется под действием электромагнитных сил и притягивается к статору 2

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## ЭД с катящимся ротором

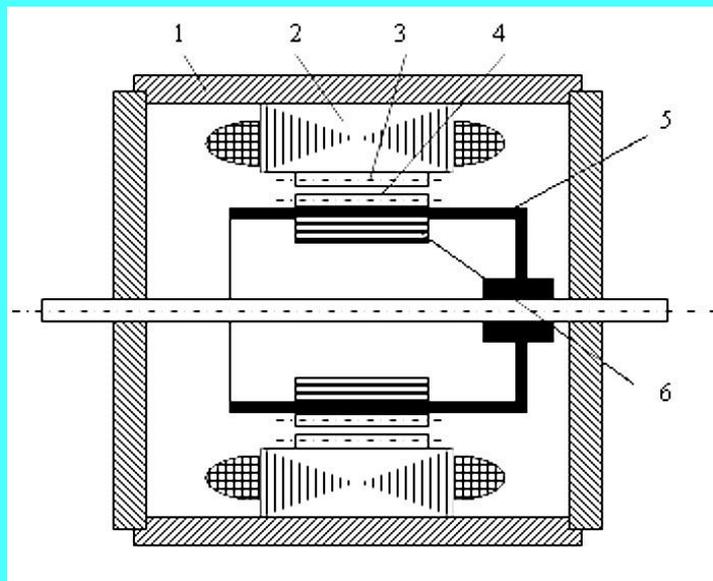


Принципиальной **особенностью** двигателей с катящимся ротором (ДКР), отличающей их от других машин, является **эксцентричное расположение ротора** в расточке статора. Вращающий момент здесь создается за счет сил одностороннего магнитного притяжения.

Двигатели с катящимся ротором могут работать **в синхронном и асинхронном** режимах и только в **нессимметричном** вращающемся магнитном поле.

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## ЭД с волновым ротором



Волновые электродвигатели составляют группу электрических машин, в которых преобразование электрической энергии в механическую происходит при вращении волн деформации гибкого ротора, создаваемых электромагнитными силами. В волновых электродвигателях в единой конструкции **объединены элементы электродвигателя и гибкого волнового ротора (редуктора)**.

При отсутствии питания ротор имеет правильную цилиндрическую форму. Его зубчатый венец не сцепляется с венцом статора. При подаче питания на обмотки статора возникает вращающееся магнитное поле, в котором на магнитопровод ротора действуют силы магнитного притяжения и он начинает перемещаться.

# Конструкции концентрических магнитопроводов с ???????ЭМ вращательного движения

## ЭД с **волновым ротором**

В зависимости от характера вращения магнитного поля и волн деформации гибкого ротора **возможны три вида волновых электродвигателей:**

1 **Синхронный** волновой электродвигатель

- при равномерном вращении магнитного поля и волн деформации ротора.

2 **Шаговый** волновой электродвигатель

- при дискретном (шагами) вращении магнитного поля и волн деформации ротора.

3 **Вентильный** волновой электродвигатель - при синхронизации частоты вращения магнитного поля и волн деформации гибкого ротора по сигналам датчика положения выходного вала или датчиков положения волн деформации гибкого ротора.

По форме гибкого ротора волновые электродвигатели делят на три вида:

1 **Цилиндрические** - с ротором в форме цилиндрической оболочки.

2 **Торцовые** - с гибким дисковым ротором.

3 **Линейные** - с ротором в форме гибкой пластины.

# Конструкции концентрических магнитопроводов с ???????ЭМ вращательного движения

Признак классификации	Многообразие конструкций активных частей электрических машин
По природе энергоносителя	индуктивные (магнитное поле) ..... емкостные (электрическое поле)
По агрегатному состоянию подвижных частей	твердая ..... жидкая, газообразная □
По роду движения	вращающиеся ..... с поступательным, ..... колебательным, ..... импульсным движением □
По числу степеней свободы	одномерные ..... многомерные (двух- трех- ..... шестимерные) □
По взаимному расположению магнитопроводов	концентрические ..... торцевые (дисковые) □
По наличию механических преобразователей	без механического преобразователя ..... с механическим преобразователем (с встроенным редуктором, с катящимся, волновым ротором) □
По относительной ориентации статора и ротора	ротор внутренний ..... ротор внешний, полый □
По типу обмотки	с разноименнополюсной обмоткой ..... с одноименнополюсной обмоткой (униполярные) электромагнитные с активными магнитопроводами — с одной обмоткой на статоре □
По форме магнитопроводов	цилиндрические ..... тороидальные, когтеобразные □
По способу создания магнитного поля	электромагнитные ..... магнитоэлектрические □
По комбинации обмоток на статоре и роторе	с активными магнитопроводами с одной обмоткой на статоре и одной обмоткой на роторе (магнитопроводы статора и ротора как гладкие, так и зубчатые) ..... с пассивным магнитопроводом ротора параметрические: одна, две обмотки на статоре (магнитопровод ротора зубчатый безобмоточный)

Для того чтобы электрическая машина работала, в ней должно быть создано **вращающееся магнитное поле.**

Принцип образования вращающегося поля у всех электрических машин **один и тот же.**

## Условия создания кругового вращающегося магнитного поля в обмотках статора трехфазного АД

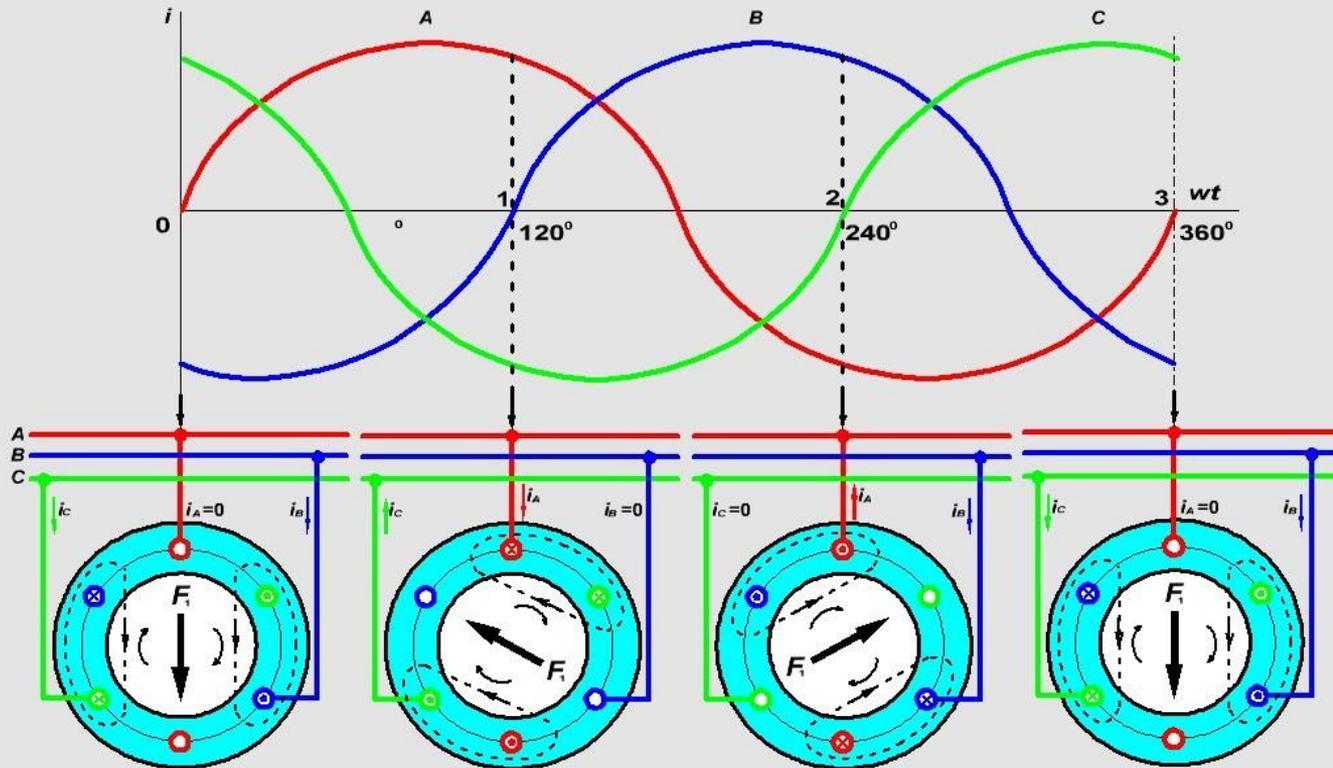
На статоре трехфазного электродвигателя расположены три обмотки, соединенные в звезду или треугольник, сдвинутые в пространстве относительно друг друга на электрический угол, равный **120 эл.град.**

Если к одинаково выполненным и правильно соединенным обмоткам статора такой машины подвести симметричное напряжение электросети, то в воздушном зазоре машины будет создана симметричная система векторов магнитной индукции  **$B$** , которая образует круговое вращающееся магнитное поле  **$\Phi$** .

# Условия создания кругового вращающегося магнитного поля в трехфазной обмотке статора

## АД

### Принцип получения вращающейся МДС $F_1$ в трехфазной обмотке статора асинхронного электродвигателя



Условия создания кругового вращающегося магнитного поля в трехфазной обмотке статора:

- 1 Симметричная система векторов магнитной индукции  $B$  и МДС  $F$  каждой фазы  
(активные и индуктивные сопротивления обмоток одинаковые, начала и концы соединены правильно)
- 2 Оси обмоток смещают в пространстве на  $120^\circ$  эл.град. относительно друг друга
- 3 Внешняя сеть имеет симметричное трехфазное напряжение

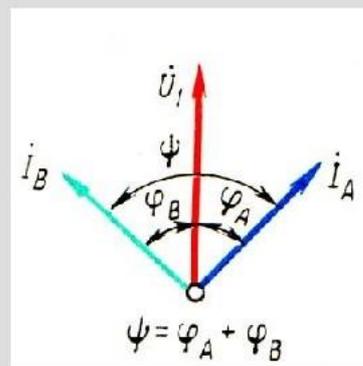
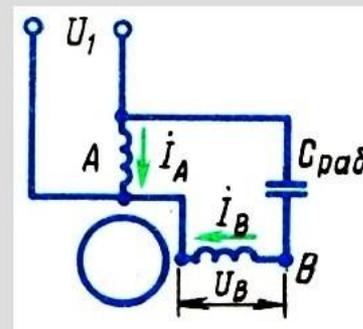
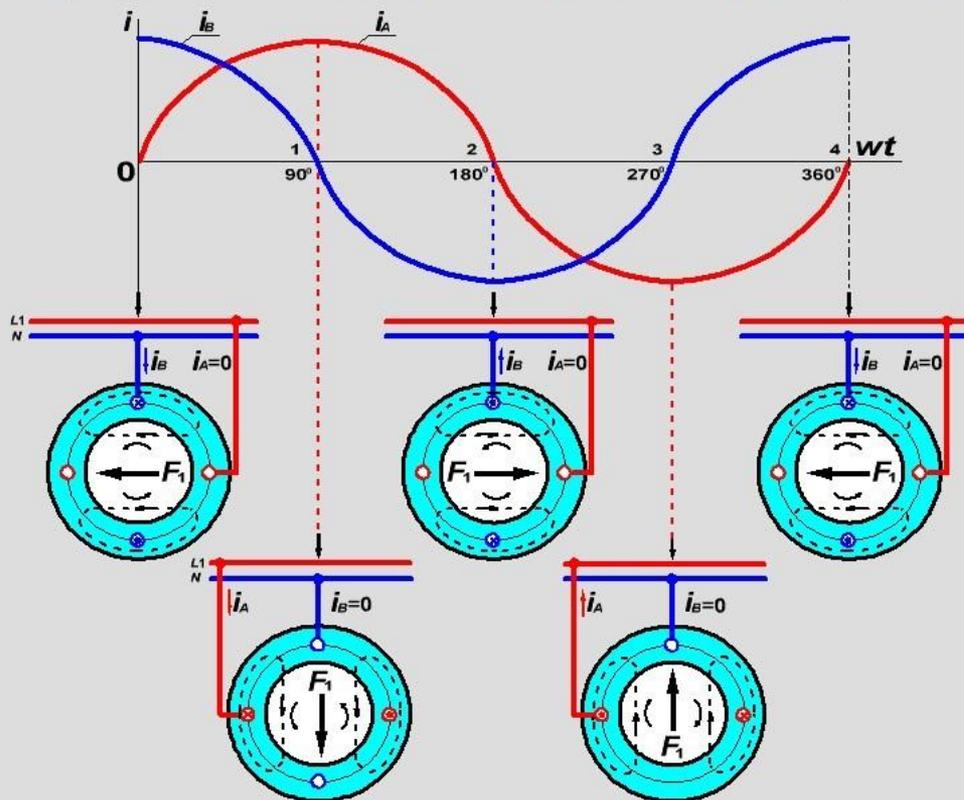
## Условия создания кругового вращающегося магнитного поля в обмотках статора двухфазного конденсаторного АД

На статоре двухфазного электродвигателя расположены две обмотки сдвинутые в пространстве относительно друг друга на геометрический угол, равный  $90^\circ$ .

Если к обмоткам статора или ротора такой машины подвести токи, сдвинутые во времени на электрический угол  $90$  эл.град., то в воздушном зазоре машины будет вращающееся круговое магнитное поле

# Условия создания кругового вращающегося магнитного поля в двухфазной обмотке статора конденсаторного АД

## Принцип получения вращающейся МДС $F_1$ в двухфазной обмотке статора конденсаторного асинхронного электродвигателя

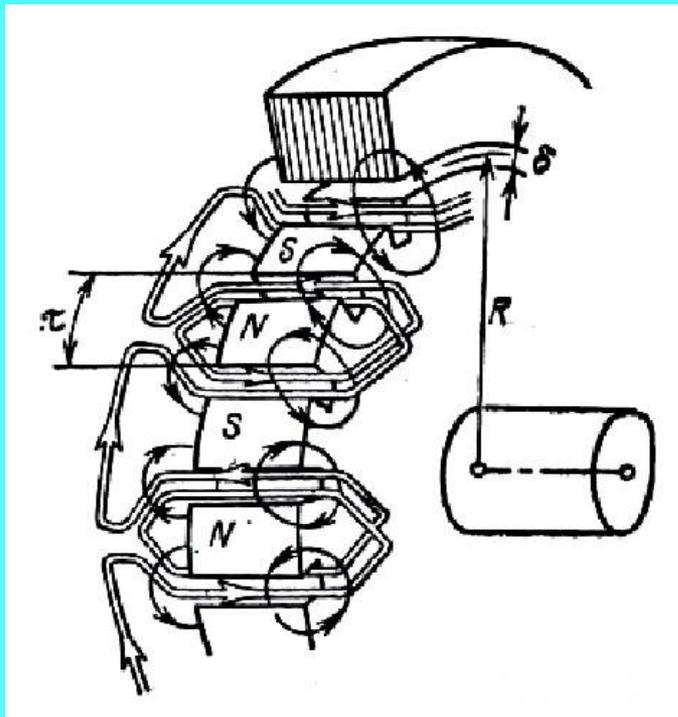


Условия создания кругового вращающегося магнитного поля в двухфазной обмотке статора:

- 1 Симметричная система векторов магнитной индукции  $B$  и МДС  $F$  каждой фазы (активные и индуктивные сопротивления обмоток одинаковые, начала и концы соединены правильно)
- 2 Оси обмоток смещают в пространстве на  $90^\circ$  эл.град. относительно друг друга
- 3 Токи в обмотках статора  $i_A$  и  $i_B$  должны быть сдвинуты по фазе относительно друг друга на  $90^\circ$

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

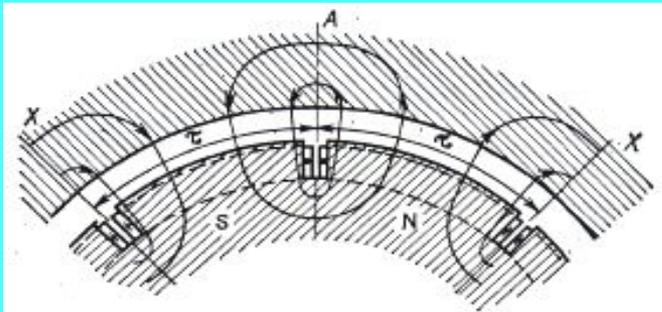
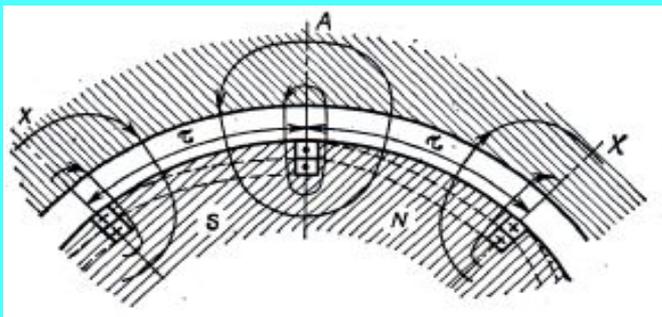
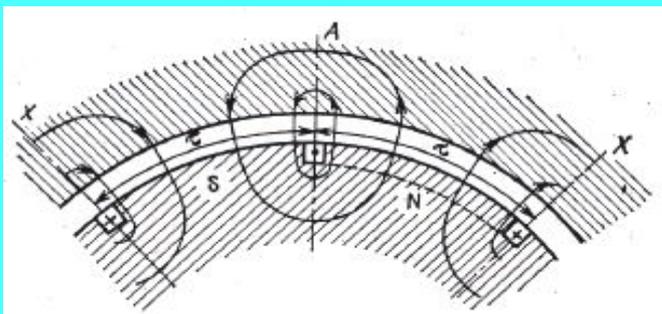
## Цилиндрический магнитопровод с разноименнополюсной сосредоточенной обмоткой



Для этой конструкции характерно периодическое чередование направлений токов в проводниках на поверхности магнитопровода (**барабанная обмотка**), обращенной к зазору  $\delta$  (двухмерная укладка обмотки). При этом поверхность магнитопровода намагничивается "разноименнополюсно" – при перемещении по окружности в тангенциальном направлении за северным  $N$  полюсом следует южный  $S$ , за южным – северный и т. д. Таким образом создается периодически изменяющееся в пространстве магнитное поле

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

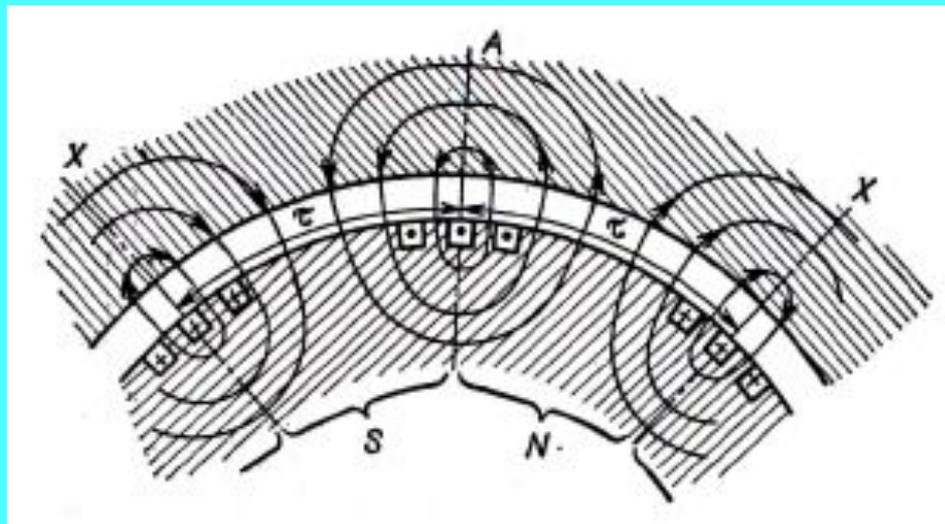
## Цилиндрический магнитопровод с **разноименнополюсной** сосредоточенной обмоткой



Катушки с началом **A** и концом **X** образуются из одного или нескольких витков. В пазу магнитопровода могут располагаться **одна** однослойная обмотка или **две** (двухслойная или двухрядная) катушечные стороны

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

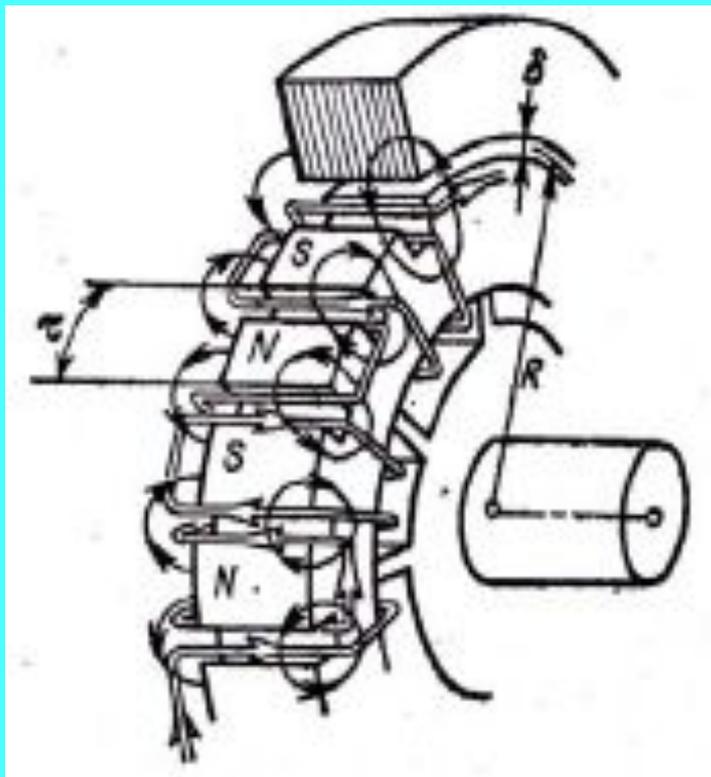
## Цилиндрический магнитопровод с разноименнополюсной распределенной обмоткой



Часто оказывается необходимым размещать проводники с одинаковыми направлениями токов не в одном пазу, такая обмотка называется **сосредоточенной**, а в нескольких пазах - **распределенная** обмотка

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## Тороидальный магнитопровод с разноименнополюсной обмоткой

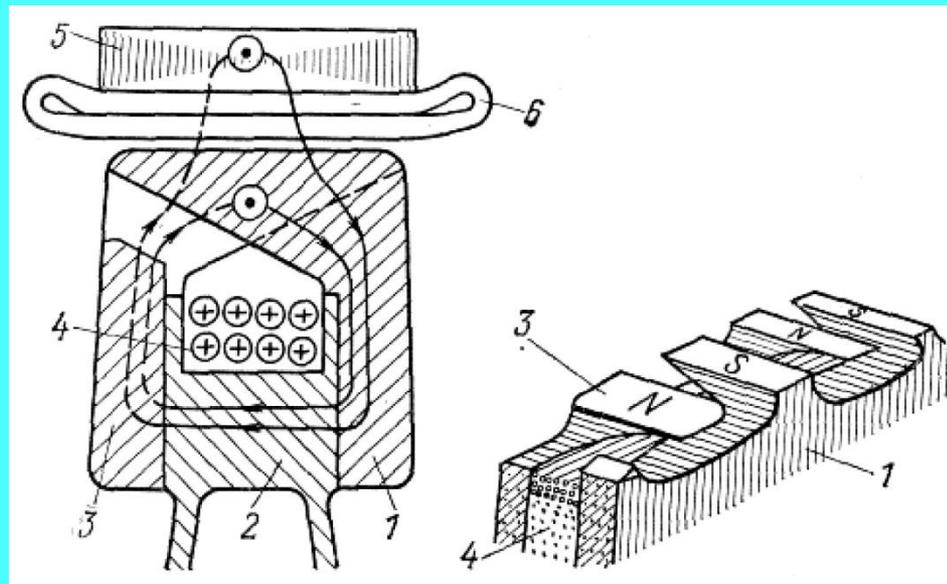
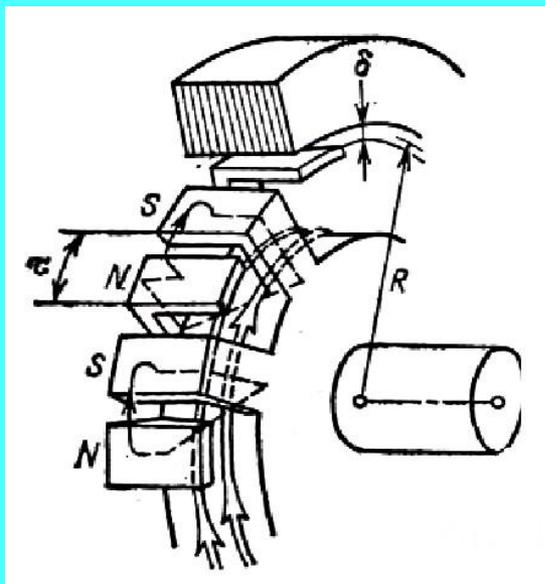


Тороидальная конструкция магнитопровода обусловлена особенностями выполнения обмотки – **трехмерная укладка**, при которой соединения между проводниками, расположенными на поверхности магнитопровода, охватывают тороидальный магнитопровод

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## обмотками ЭМ вращательного движения

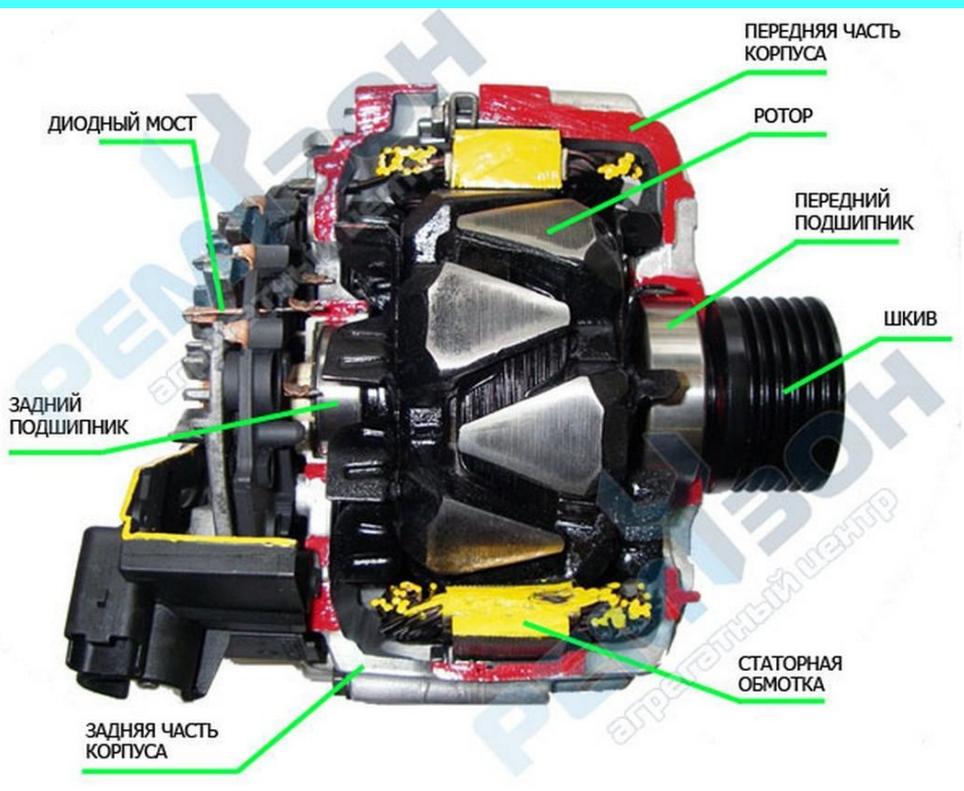
### Когтеобразный разноименнополюсный магнитопровод с кольцеобразной обмоткой



В этой конструкции периодичность поля в зазоре достигается применением специальной конфигурации магнитопровода, а не за счет чередования направлений токов, так как обмотка выполняется кольцеобразной (одномерная укладка)

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

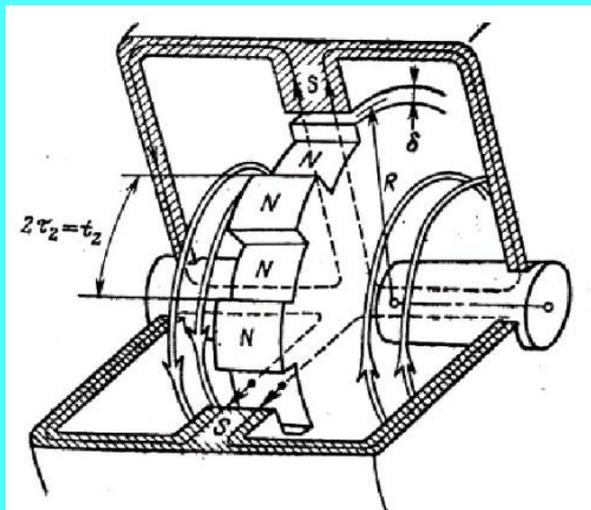
## Когтеобразный разноименнополюсный магнитопровод с кольцеобразной обмоткой



Магнитопровод здесь выполняется с так называемыми когтеобразными (**клювообразными**) полюсами. Такая конструкция магнитопровода позволяет при одной расположенной по оси машины катушки обмотки превратить **аксиальное направление** магнитного поля в воздушном зазоре в **радиально направленные** поля отдельных полюсов и получить много разноименнополюсную систему.

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

## Зубчатый одноименнополюсный магнитопровод с кольцеобразной обмоткой



В этой конструкции периодическое изменение поля в зазоре достигается **за счет зубчатости** поверхности магнитопровода, обращенной к зазору  $\delta$ .

**Кольцеобразная (одномерная)** обмотка охватывает вал машины и образует в зазоре одноименнополюсное (**униполярное**) поле. Для направления токов, показанного на рисунке, поверхность внутреннего магнитопровода имеет северную **N** полярность, а наружного – южную **S**. Число периодов изменения поля (число пар полюсов) здесь равно числу зубцов магнитопровода  $p = Z$ , где  $Z$  – число зубцов (пазов) магнитопровода. Обмотка однофазная и может питаться как **постоянным**, так и **переменным** токами.

# Конструкции концентрических магнитопроводов с обмотками ЭМ вращательного движения

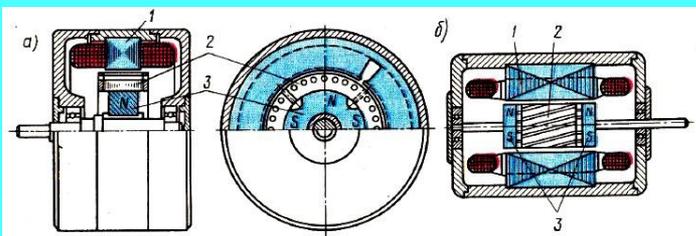
## Зубчатый одноименнополюсный магнитопровод с кольцеобразной обмоткой



Преобразователь  
Сетевой Частоты  
ПСЧ-50.  
В одном корпусе  
размещены две ЭМ:  
**АД с к.з. ротором**  
3ф ~50Гц, 380В  
**Индукционный  
генератор**  
3ф ~400Гц, 230В

# Конструкции синхронных машин специального назначения

## СМ с постоянными магнитами - магнитоэлектрические



В этой конструкции

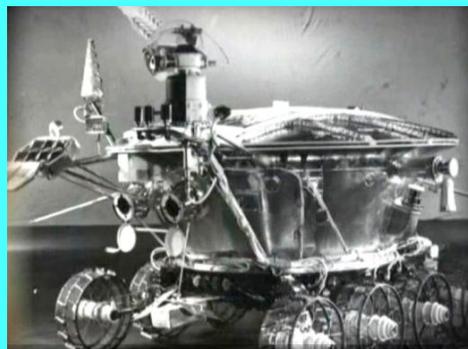
постоянное изменение поля в зазоре достигается за счет изменения частоты поверхности магнитопровода, обращенной к зазору  $\sigma$ .



**Кольцеобразная (одномерная)** обмотка охватывает вал машины и образует в зазоре одноименнополюсное (**униполярное**) поле. Для направления токов, показанного на рисунке, поверхность внутреннего магнитопровода имеет северную **N** полярность, а наружного – южную **S**. Число периодов изменения поля (число пар полюсов) здесь равно числу зубцов магнитопровода  $p = Z$ , где  $Z$  – число зубцов (пазов) магнитопровода. Обмотка однофазная и может питаться как **постоянным**, так и **переменным** токами.

# Конструкции электрических машин специального назначения

## ЭМ с постоянными магнитами - магнитоэлектрические



Серия бесконтактных моментных электродвигателей **ДБМ**, охватывающую широкий диапазон вращающих моментов – от 0,01 до 16 Н·м

# Конструкции электрических машин специального назначения



ДПТ ДК-722Е  
для мотор-колес  
"БелАЗ"  
грузоподъемностью 120 т



ДПТ  
ДК-724ДМ  
для мотор-колес  
"БелАЗ"  
грузоподъемностью 180 т



ДПТ ЭК-420А - для  
мотор-колес "БелАЗ"  
грузоподъемностью  
136 т, ЭК-590 – для 200  
- 220 тонн



ГПТ  
ГПА-600ВМ  
для питания  
ДПТ мотор-колес "БелАЗ"  
грузоподъемностью 75, 120  
тонн

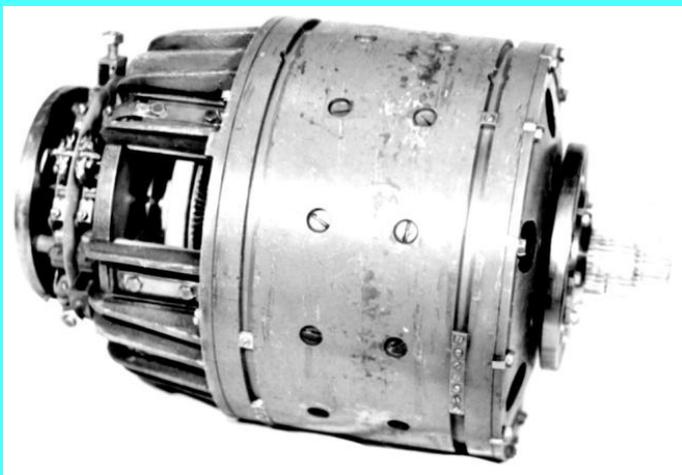


СГ ГСТ-1 для  
питания через  
выпрямительную установку  
тяговых электродвигателей  
автосамосвалов  
БелАЗ  
грузоподъемностью 130 т



# Конструкции электрических машин специального назначения

## Биротативные электромашины (БЭ)

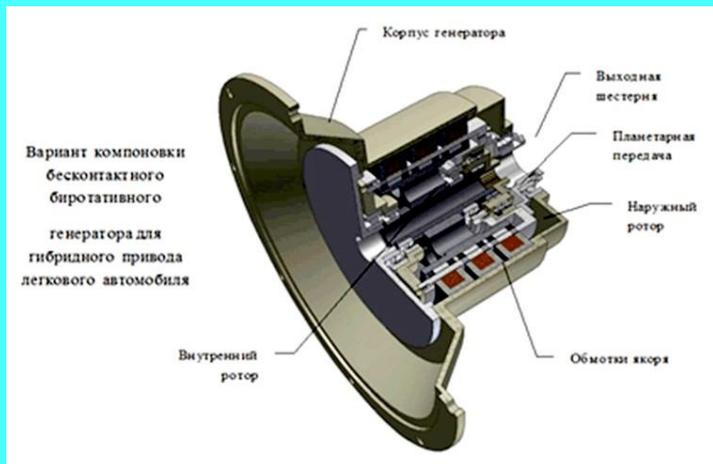


В НПП ВНИИЭМ разработаны следующие типы торпедных электроприводов:

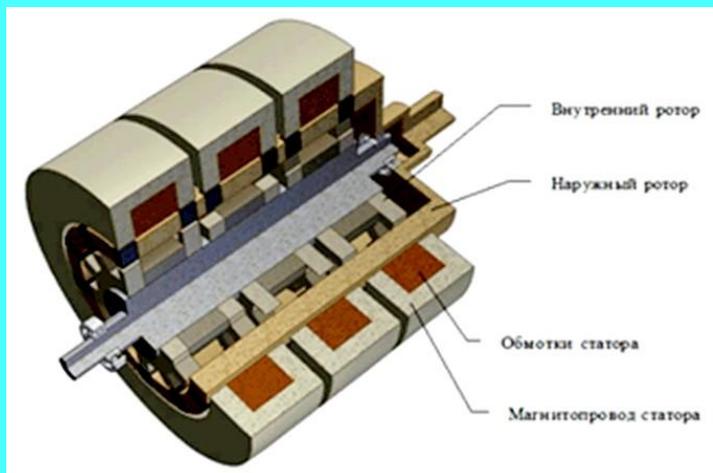
- электроприводы малой мощности до 150 кВт с использованием асинхронного частотно-управляемого двигателя;
- традиционный биротативный электропривод постоянного тока мощностью до 400 кВт;
- вентильный электропривод с естественной коммутацией инвертора мощностью до 2000 кВт;
- электропривод мощностью свыше 2000 кВт на основе униполярного двигателя со сверхпроводящими обмотками.

# Конструкции электрических машин специального назначения

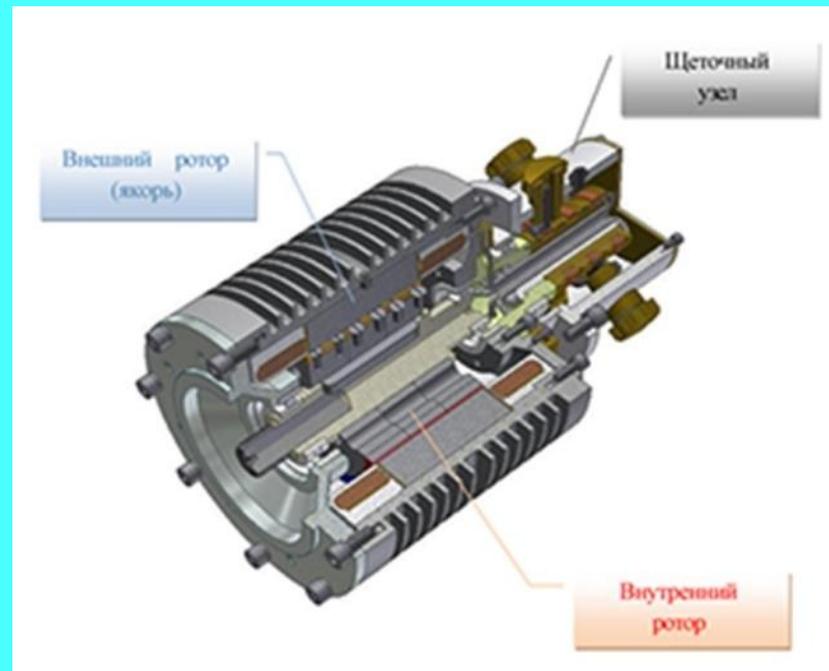
## Биротативные электромшины (БЭ)



**Бесконтактный биротативный генератор для гибридного привода легкового автомобиля**



**Бесконтактный трехфазный биротативный генератор**



**Биротативный генератор с кольцевыми контактами и щетками для гибридного привода легкового автомобиля**

