



Тема «Электрические машины»

С.П. Минеев.

Сокращения в лекции

Электрическая машина (ЭМ)

Машины постоянного тока (МПТ),

Асинхронные машины (АМ),

Синхронные машины (СМ)

ГПТ, АГ, СГ – соответствующие генераторы

ДПТ, АД, СД – соответствующие двигатели

I. Что такое электрическая машина?

Электрическая машина -
электрохимический преобразователь,
который преобразует механическую
энергию в электрическую (**генератор**), либо
электрическую энергию в механическую
(**электродвигатель**), либо электрическую
энергию с одними параметрами
(напряжением, частотой и т.д.) в
электрическую с другими параметрами.

2. Какой основной принцип действия у «простейшего» электродвигателя?

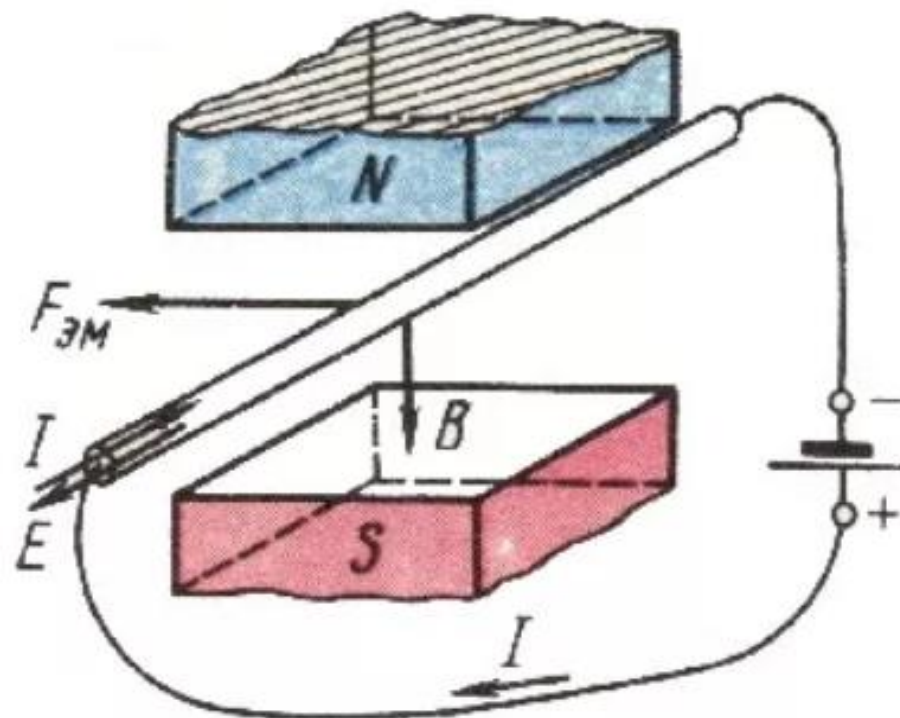


Рис. Элементарный двигатель

Принцип действия элементарного двигателя состоит в следующем: если проводник помещённый в магнитное поле подключить к источнику питания, то в этом проводнике появится электрический ток I . В результате взаимодействия этого тока с внешним магнитным полем на проводник начнет действовать электромагнитная сила, которая определяется по закону Ампера

$$F_{\text{эм}} = B \cdot l \cdot I$$

Где B – индукция магнитного поля, l — активная длина проводника, т.е. часть его общей длины, находящаяся в магнитном поле.

Для определения направления, куда будет двигаться проводник в магнитном поле элементарного двигателя необходимо воспользоваться правилом «левой руки».

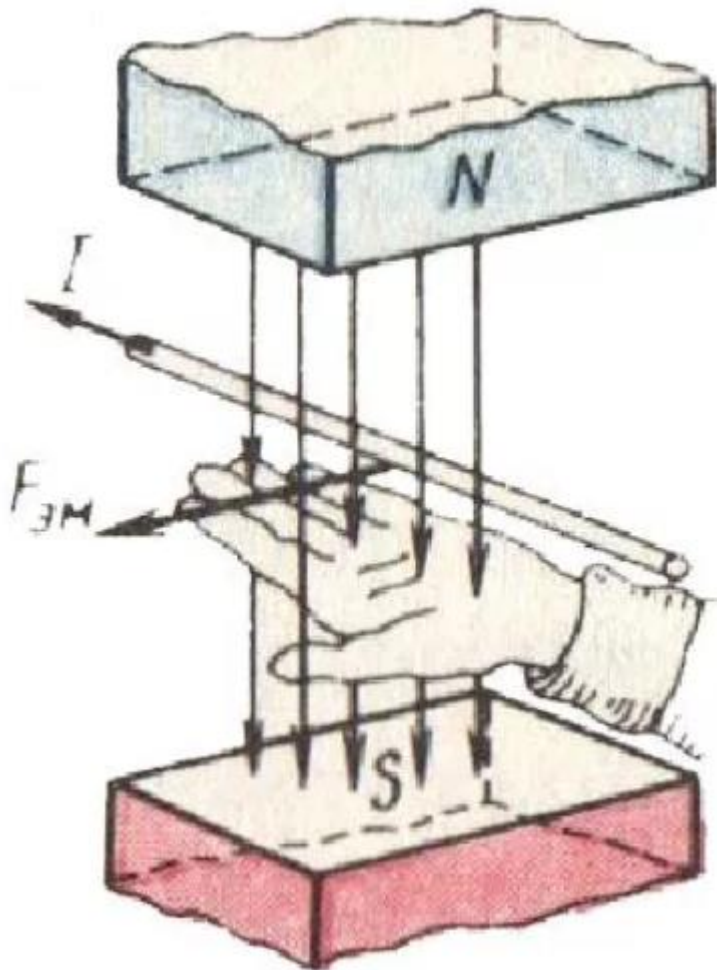


Рис. «Правило левой руки»

1. Магнитные силовые линии должны входить в ладонь левой руки. (силовые линии идут от северного полюса к южному)
2. Пальцы ладони должны быть направлены по направлению тока в проводнике.
3. Большой палец, отогнутый на 90° будет показывать направление, куда будет направлена электромагнитная сила, следовательно, и движение проводника. по направлению движения проводника.



<https://youtu.be/JJZ610dRVfI>

3. Какой основной принцип действия у «элементарного» генератора?

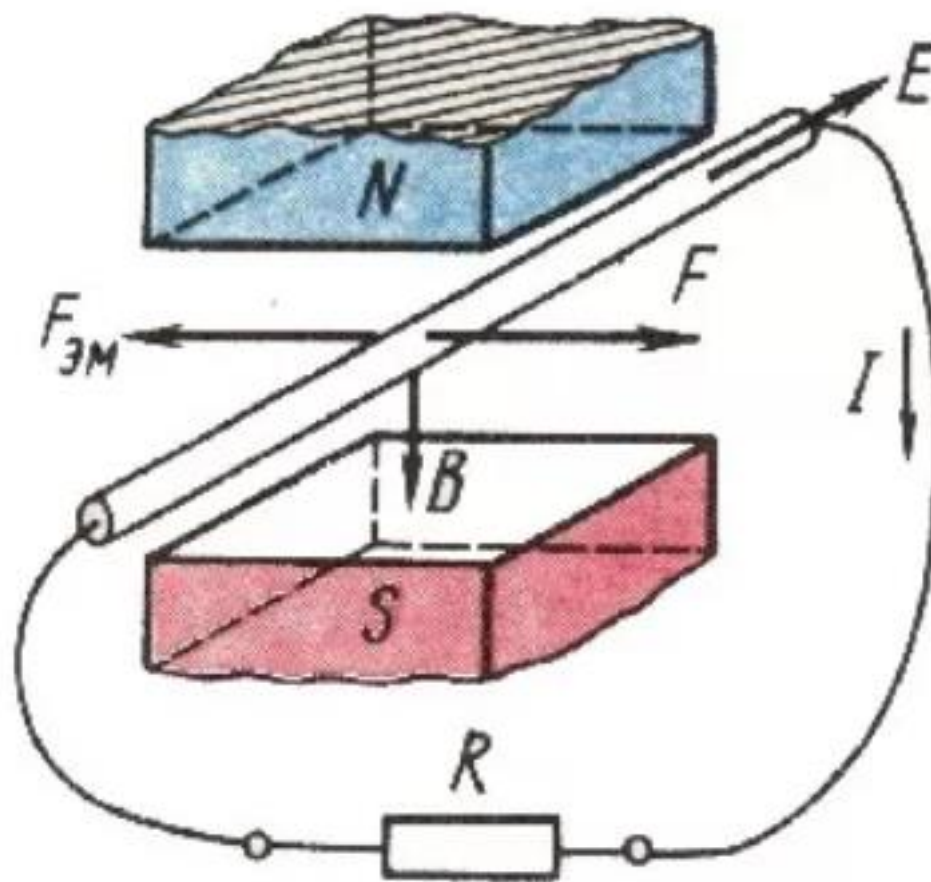


Рис. Элементарный генератор

Принцип работы генератора основан на законе электромагнитной индукции, сущность которого состоит в том, что при движении проводника в магнитном поле со скоростью \mathbf{v} в направлении, перпендикулярном вектору магнитной индукции \mathbf{B} , в нем индуцируется ЭДС

$$E = B \cdot l \cdot v$$

где l — активная длина проводника, т.е. часть его общей длины, находящаяся в магнитном поле.

Для определения направления ЭДС в элементарном генераторе необходимо воспользоваться правилом «правой руки».

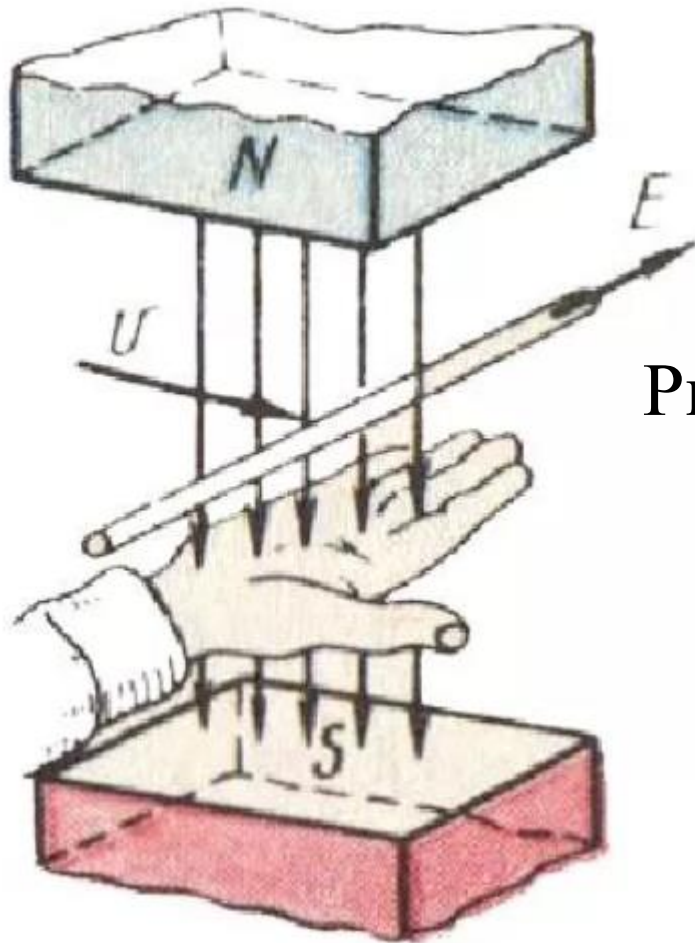


Рис. «Правило правой руки»

Правило правой руки:

1. Магнитные силовые линии должны входить в ладонь правой руки.

(силовые линии идут от северного полюса к южному)

2. Большой палец, отогнутый на 90° должен быть направлен по направлению движения проводника.

3. Четыре пальца показывают направление ЭДС в проводнике.



<https://youtu.be/xZjBqwXxiRw>

4. Какие классификации электрических машин существуют?

По наличию движения

- трансформаторы – нет вращающихся частей
- вращающиеся машины: машины постоянного тока (МПТ), асинхронные машины (АМ), синхронные машины (СМ)


Классификация по роду тока.

- Переменного тока (трансформаторы, АМ, СМ):

1) Трансформаторы - электрическое статическое устройство, которое, преобразует одни параметры переменного тока из одной величины в другую (напряжение, ток, частота, число фаз). Чаще всего используется для преобразования напряжения (из большего в меньше или наоборот).



Рис. Силовой трёхфазный трансформатор в разрезе



2) Асинхронная машина – это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой не равна (в двигательном режиме меньше) частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора. (Ротор – вращающаяся часть ЭМ, статор – неподвижная часть ЭМ). Может работать как в режиме двигателя (АД), так и в режиме генератора (АГ). В режиме двигателя используется чаще всего.

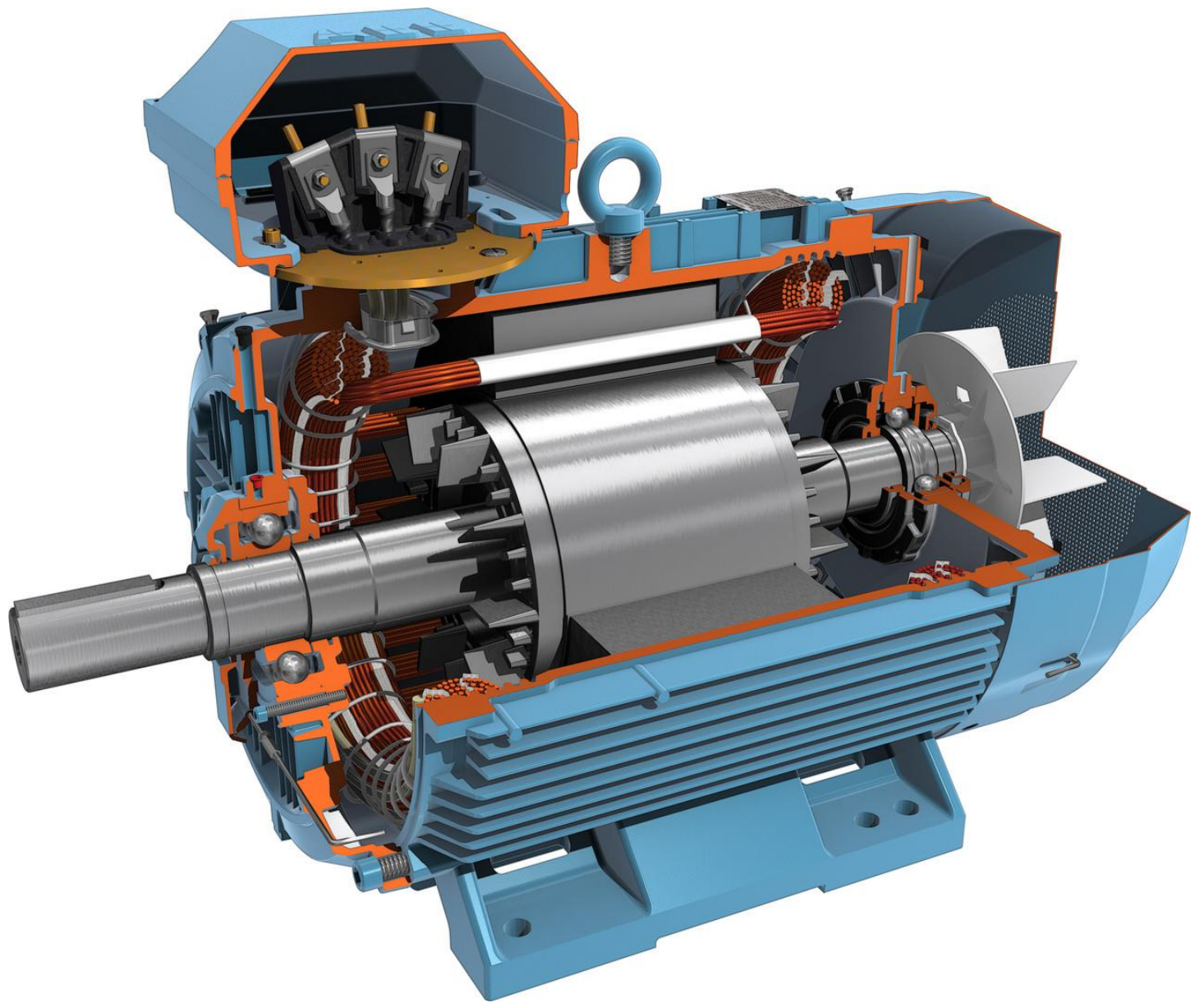

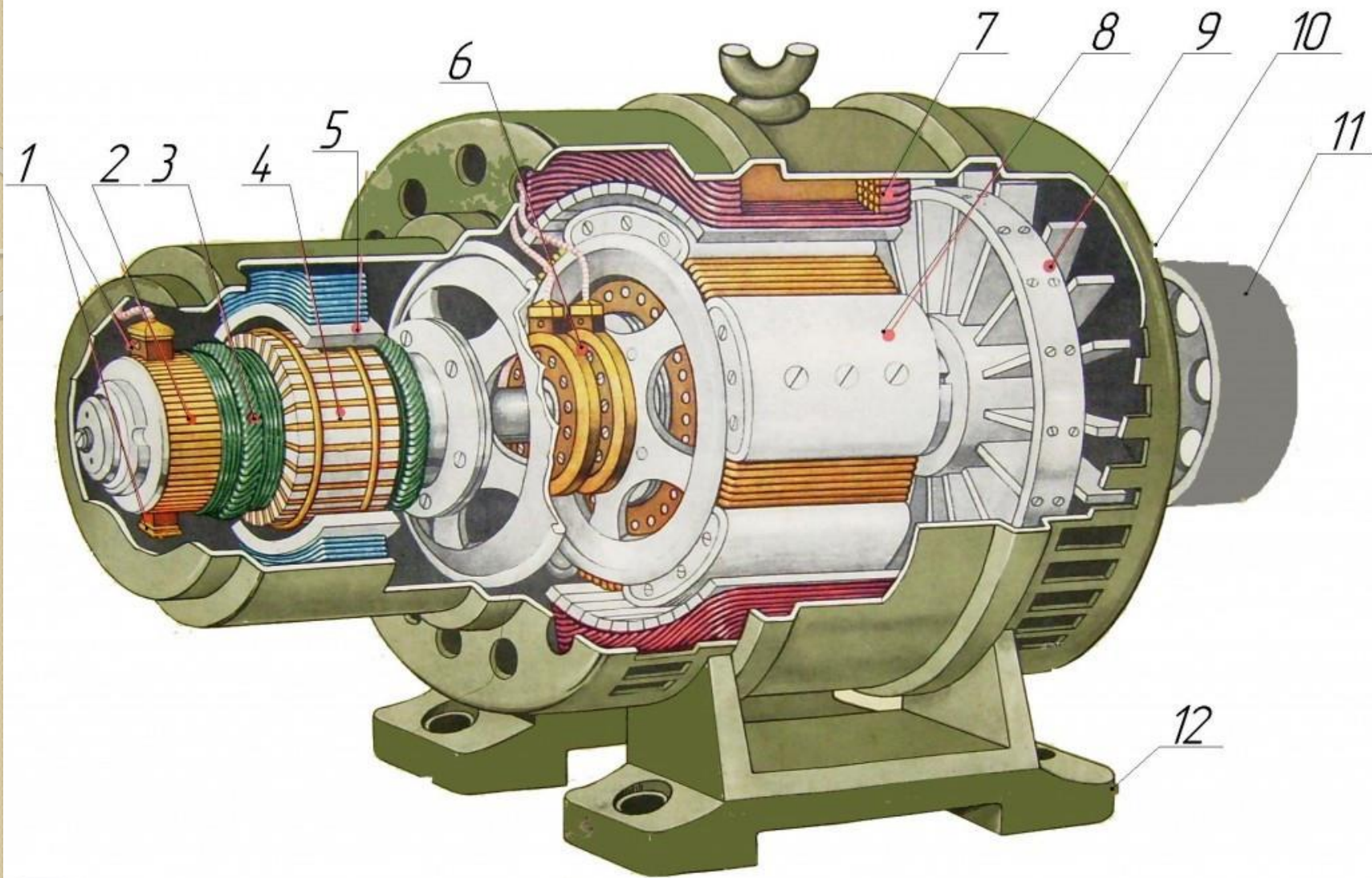


Рис. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором в разрезе



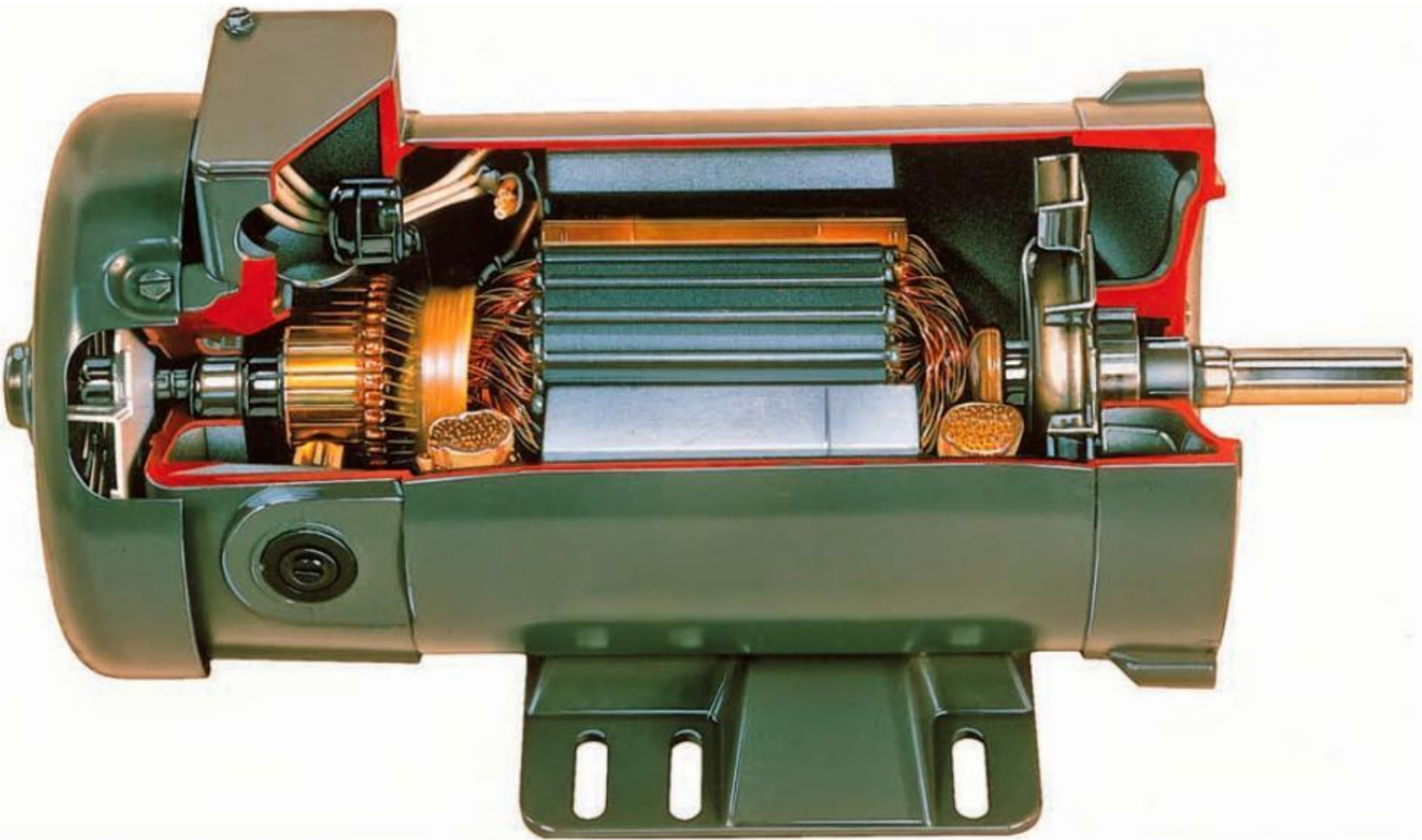
3) Синхронная машина – это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой равна частоте вращения магнитного поля статора. Может работать как в режиме двигателя (СД), так и в режиме генератора (СГ)



1 – щетки и щеткодержатели, 2 – коллектор, 3 – обмотка якоря,
4 – якорь, 5 – статор, 6 – контактные кольца, 7 – обмотка статора,
8 – ротор генератора, 9 – вентилятор, 10 – корпус генератора,
11 – привод, 12 – станина

- Постоянного тока (МПТ)

Машина постоянного тока – машина, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию (в режиме двигателя – ДПТ), либо механическую энергию в электрическую энергию постоянного тока (в режиме генератора - ГПТ)




Классификация по назначению

- Генераторы - выполняют преобразования механической энергии вращения в электрическую энергию (ГПТ, АГ, СГ)

- Двигатели - преобразуют электрическую энергию в механическую, приводят в движение различные устройства (ДПТ, АД, СД).


- Электромашинные преобразователи - выполняют преобразования различных электрических величин (преобразовывать постоянный ток в переменный и наоборот, изменять частоту сети, число фаз и другие функции. (Устарели из-за развития полупроводниковой техники)

- 
- Электромашинные компенсаторы - регулируют коэффициент мощности $\cos \phi$ в электрической сети (а именно баланс реактивной мощности в сети).
 - Электромашинные усилители – используют для объектов большой мощности. Усиливают сигналы большой мощности, при управлении сигналами малой мощности. (Так же устарели)
 - Электромеханические преобразователи сигналов – электрические микромашины, которые широко используют в системах автоматического управления.

Классификация по мощности

- Микромашины – их мощность может варьироваться от нескольких долей ватта до 500 Вт. (постоянного и переменного тока различной частоты, в т.ч. и промышленной – 50 Гц)

ЭД малой мощности – от 0,5 до 10 кВт.
(постоянного и переменного тока промышленной и повышенной частоты)



ЭД средней мощности – от 10 кВт до нескольких сотен киловатт (постоянного и переменного тока промышленной и повышенной частоты)

ЭД большой мощности – мощность данных машин больше нескольких сотен киловатт. Такие электродвигатели предназначены для работы на постоянном и переменном напряжении нормальной частоты. Исключение могут составлять электродвигатели специального назначения (авиация, флот) и другие.

Классификация по частоте вращения

До 300 об/мин — тихоходные.

От 300 до 1500 об/мин — средней быстроходности.

От 1500 до 6000 об/мин — быстроходные.


Более 6000 об/мин — сверхбыстроходные.

Машины общепромышленного применения, малой, средней и большой мощности выполняются с частотами вращения в диапазоне 500 – 3000 об/мин.

Микромашины выполняются в очень большом диапазоне: от нескольких оборотов в минуту до 60 000 об/мин.

Классификация электродвигателей по степени защиты

Степень защиты IP (Ingress Protection Rating) – это категория защищенности корпуса электроприборов и электрооборудования в т.ч. и электрических машин при влиянии влажности, открытого просачивания жидкости, загрязнений, а также воздействия окружающей среды.



Обозначается IP XY, где X – первая цифра, обозначает степень защиты от проникновения посторонних предметов, Y – вторая цифра, обозначает степень защиты от проникновения жидкости.

Регламентируется ГОСТ 17494-87

Первая цифра - степень защиты от проникновения посторонних предметов.

Значение:	Защита от посторонних предметов, имеющих диаметр:	Описание защиты электрооборудования:
0	—	Нет защиты.
1	>50 мм	Большие поверхности тела, нет защиты от сознательного контакта.
2	>12,5 мм	Пальцы и подобные объекты.
3	>2,5 мм	Инструменты, кабели и т. п.
4	>1 мм	Большинство проводов, болты и т. п.
5	Пылезащищённое	Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. Полная защита от контакта.
6	Пыленепроницаемое	Пыль не может попасть в устройство. Полная защита от контакта.


Вторая цифра степень защиты от проникновения жидкости

Значение:	Защита от влаги:	Описание защиты электрооборудования:
0	—	нет защиты.
1	Вертикальные капли	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства.
2	Вертикальные капли под углом до 15°	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства, если его отклонить от рабочего положения на угол до 15°.
3	Падающие брызги	Защита от дождя. Вода льётся вертикально или под углом до 60° к вертикали.
4	Брызги	Защита от брызг, падающих в любом направлении.
5	Струи	Защита от водяных струй с любого направления.
6	Морские волны	Защита от морских волн или сильных водяных струй. Попавшая внутрь корпуса вода не должна нарушать работу устройства.
7	Кратковременное погружение на глубину до 1 м	При кратковременном погружении вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Постоянная работа в погружённом режиме не предполагается.
8	Длительное погружение на глубину более 1 м	Полная водонепроницаемость. Устройство может работать в погружённом режиме.

Защищенное исполнение электродвигателя
– имеющее приспособление (сетки или перфорированные щитки на подшипниковых щитах) для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также защищающее от попадания внутрь посторонних предметов, исключая пыль, волокна, брызги воды и т. д. Электрооборудование охлаждается за счет окружающего воздуха.
IP21, IP22 (не ниже)


Продуваемое исполнение

электродвигателя – охлаждающий воздух (или инертный газ) поступает внутрь от собственного или специально установленного вентилятора по трубам, присоединенным к патрубкам оборудования. В случае отвода охлаждающего агента за пределы помещения продуваемые машины являются закрытыми для данного помещения.




Брызгозащищенное исполнение электродвигателя – имеющее приспособление, предохраняющее от попадания внутрь водяных капель, падающих отвесно, а также под углом 45° к вертикали с любой стороны, но не защищающее от проникания внутрь пыли, волокон и т. п. IP23, IP24

Закрытое исполнение электродвигателя – внутренняя полость оборудования отделена от внешней среды оболочкой, защищающей от проникания внутрь волокон, грубой пыли, капель воды, электрооборудование охлаждается за счет ребристой поверхности корпуса. IP44-IP54



**Закрытое обдуваемое исполнение
электродвигателя – оборудование снабжено
вентиляционным устройством для
обдувания его наружных поверхностей.
Воздух подается от вентилятора,
расположенного снаружи машины и
защищенного кожухом. Для перемешивания
воздуха внутри машины на ее роторе
отливают лопатки или устанавливают
внутренний вентилятор. IP44-IP54**




**Пылезащищенное исполнение
электродвигателя** – электродвигатели и
аппараты имеют оболочку, уплотненную
таким образом, что она не допускает
проникания внутрь ее тонкой пыли. IP65,
IP66

Герметичное исполнение электродвигателя
(с особо плотной изоляцией от окружающей
среды) - IP67, IP68.

Классификация по способу охлаждения

- Естественно охлаждаемая электрическая машина не имеет приспособлений для усиления охлаждения. Этот тип охлаждения обычно применяется в машинах открытого типа.
- Вентилируемая машина снабжена специальными приспособлениями для усиления охлаждения.
- Электрическая машина с самовентиляцией оснащена вентилярующими приспособлениями на её вращающейся части.

- 
- Электрическая машина с независимой вентиляцией имеет вентиляционные устройства, не связанные с вращающейся частью машины.
 - Электрическая машина с проточной вентиляцией охлаждается воздухом внешней среды.
 - Продуваемая электрическая машина снабжена вентиляционными устройствами, прогоняющими воздух через внутренние части машины.
 - Обдуваемая электрическая машина снабжена для охлаждения вентиляционными устройствами, обдувающими наружные части машины.

Классификация по способу монтажа

Монтаж электрических машин определяет способ крепления электрической машины в месте ее установки и способ ее сочленения с рабочим механизмом. Монтаж машин в большинстве случаев осуществляется на лапах или посредством фланцев. При этом возможно горизонтальное или вертикальное расположение вала машины.

Разновидности конструктивного исполнения электрических машин по способу монтажа определяются ГОСТ 2479—79.

Обозначается IM (International Mounting) и четырех цифр. IM XYZW, где

X - первая цифра от 1 до 9 обозначает группу конструктивного исполнения. Например.

1 — на лапах с подшипниковыми щитами;

2 — на лапах с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном или двух щитах;

3 — без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном или двух щитах;

Остальные цифры можно посмотреть в ГОСТ.

Y и Z - вторая и третья цифры обозначают способ монтажа: пространственное положение машины и направление выступающего конца вала.

Варианты цифр можно посмотреть в ГОСТ.

W - четвертая цифра (от 0 до 8) обозначает количество и форму исполнения выступающих концов вала.

0 — без выступающего конца вала;

1 — с одним выступающим концом вала цилиндрической формы;

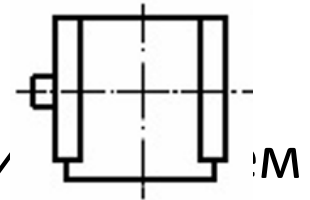
2 — с двумя выступающими концами вала цилиндрической формы;

3 — с одним выступающим концом вала конической формы

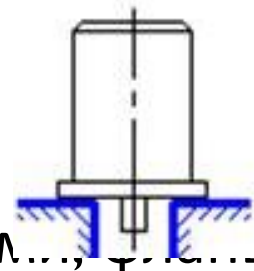
Остальные цифры можно посмотреть в ГОСТ.

Примеры условных обозначений конструктивного исполнения электрических машин по способу монтажа (наиболее распространённые)

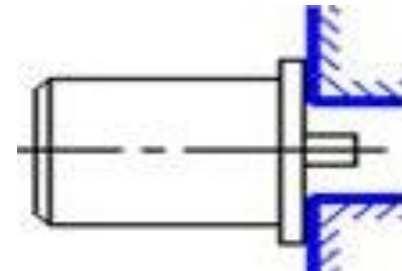
IM1001 — машина на лапах с двумя подшипниковыми щитами и одним цилиндрическим концом вала.



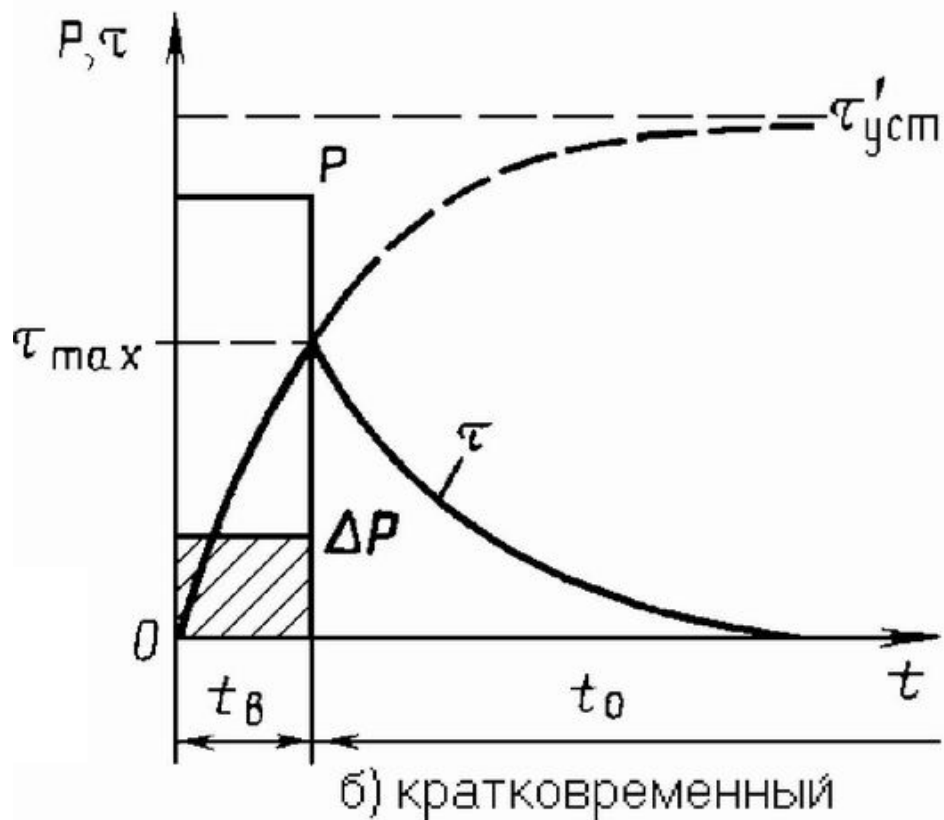
IM2011 - На лапах с подшипниковыми щитами на подшипниковом щите, вертикальным валом



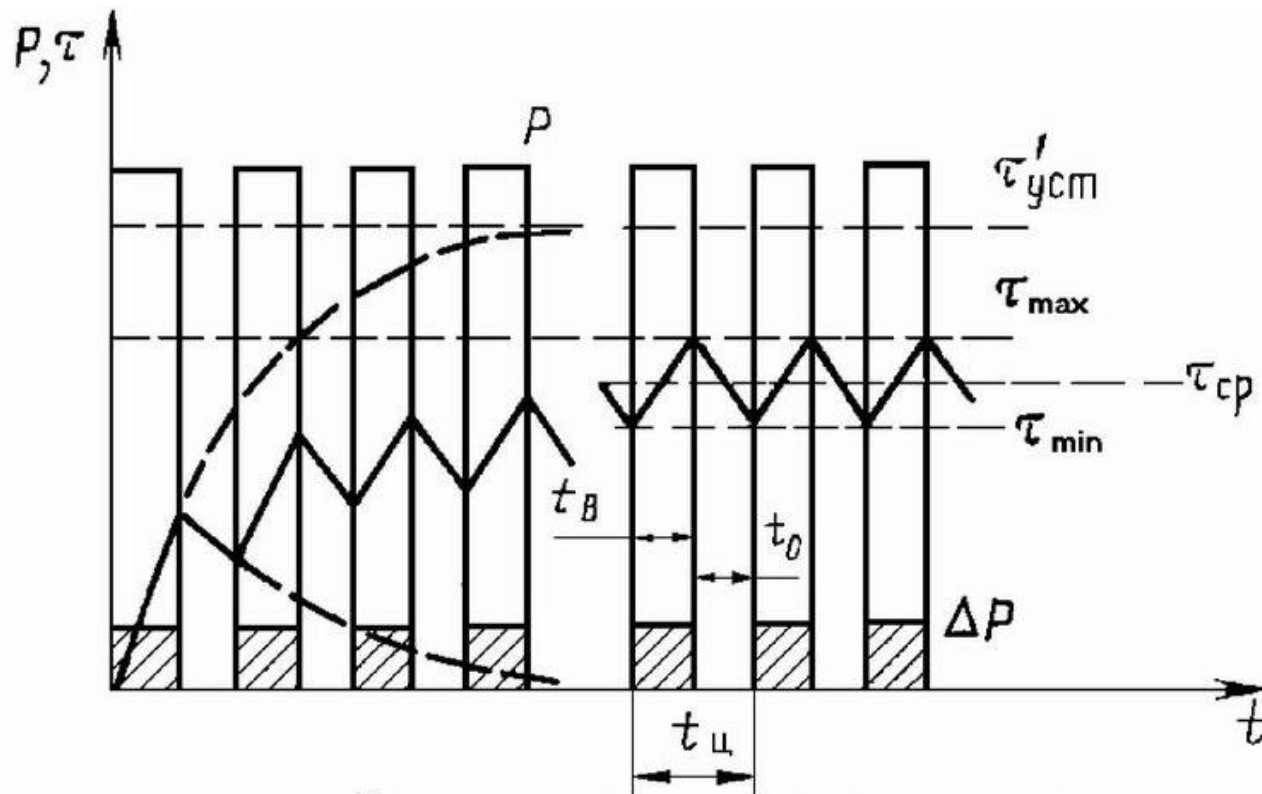
IM3001 - Без лап с подшипниковыми щитами, валом на одном подшипниковом щите



- ЭМ, предназначенные для кратковременного режима работы, при котором в период нагрузки температура частей ЭМ не достигает установившегося значения, а в период отсутствия нагрузки достигает температуры холодного состояния



ЭМ, работающие в условиях повторно-кратковременной нагрузки, при котором температура частей электрического аппарата за время нагрузки не достигает установившегося значения, а за время паузы не уменьшается до температуры окружающей среды.



в) повторно - кратковременный

Классификация ЭМ по работе в определенных климатических условиях

Определяется По ГОСТу 15150-69.

- ЭМ предназначенные для работы на открытом воздухе,
- ЭМ предназначенные для работы на открытом воздухе под навесом, в палатке, механическом кожухе,
- ЭМ предназначенные для работы в закрытом помещении без отопления (трансформаторные подстанции).
- ЭМ предназначенные для работы в закрытых помещениях с отоплением,
- ЭМ предназначенные для работы в помещениях с повышенной влажностью и почве (шахты, подвалы).

ГОСТ 15543-70 классифицирует ЭМ для определенных климатических условий, которые характеризуются изменением в температуре и влажности воздуха, а также пределами их изменения во времени в определенной климатической зоне.

Установлены следующие климатические зоны:

Название зоны	Рус. Обозн.	Лат. Обозн.
Зоны умеренного климата	У	N
Зоны умеренного и холодного климата	УХЛ	NF
Зоны тропически-влажного климата	ТВ	TH
Зоны тропически-сухого климата	ТС	TA
Зоны тропического климата	Т	T
Для всех климатических районов на суше и на море	О	U

5. Где применяют электрические машины?

Область применения электрических машин находится практически в любой сфере деятельности человека, производства и быта.

Производство электрической энергии.

Турбогенераторы на АЭС, ТЭЦ, ТЭС

Гидрогенераторы на ГЭС.

Различные генераторы для источников нетрадиционной энергетики (ветровые, приливные, волновые, геотермальные электростанции, малые ГЭС для малых рек)

Чаще всего для производства электрической энергии используются синхронные генераторы.

Промышленность.

Машиностроительный комплекс (сверлильные, шлифовальные и режущие станки, прокатные станы, конвейерные ленты, кузнечно-прессовые станки)


Нефтехимическая и химическая промышленность (компрессоры, промышленные вентиляторы, насосы, центрифуги)

Другие виды промышленности где применяются электрические машины:

- Агропромышленный комплекс
- Топливо-энергетический комплекс
- Metallургический комплекс
- Пищевая
- Обрабатывающая
- Лесная промышленность
- Добыча драгоценных камней
- Легкая промышленность.

В системах автоматического управления и регулирования, телемеханики

(микродвигатели различных типов, которые обеспечивают приводы различных исполнительных механизмов, преобразование рода тока, величины напряжения, частоты, числа фаз и других электрических параметров, усиление электрических сигналов малой мощности, преобразование угловых перемещений в электрические сигналы, согласование вращения нескольких осей и многое другое)



Транспортировка нефти, газа и других продуктов с помощью трубопроводов (чаще всего синхронные двигатели)

Транспорт (железнодорожные электровозы, электропоезда, троллейбусы, трамваи, метро, электромобили)

Чаще всего используются тяговые двигатели постоянного тока, в последнее время и асинхронные двигатели


Подъёмные механизмы (лифты, краны, лебёдки)

Чаще всего используются асинхронные двигатели с фазным ротором.

Автомобилестроение (стартер, генератор, стеклоподъёмники, дворники, поддержание температуры в салоне);

Вычислительная техника (блоки питания (трансформаторы), системы охлаждения, приводы жёстких дисков, DVD, приводы для внешних устройств – принтеры, сканеры, плоттеры)

Чаще всего применяются синхронные шаговые микродвигатели



Электроинструмент (дрели, шуруповёрты, электролобзики, электропилы, перфораторы)

Бытовая техника (холодильники, стиральные машины, вытяжки, кондиционеры, вентиляторы, пылесосы, мясорубки, кухонные комбайны, миксеры, микроволновые печи, соковыжималки).

Чаще всего применяются однофазные асинхронные двигатели, универсальные коллекторные двигатели

Авиация, робототехника и многое, многое другое.

































