

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ



ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат предназначенный для преобразования одной – первичной системы переменного тока в другую – вторичную той же частоты, имеющую в общем случае другие характеристики, в частности другое напряжение и другой ток.

Конструкция

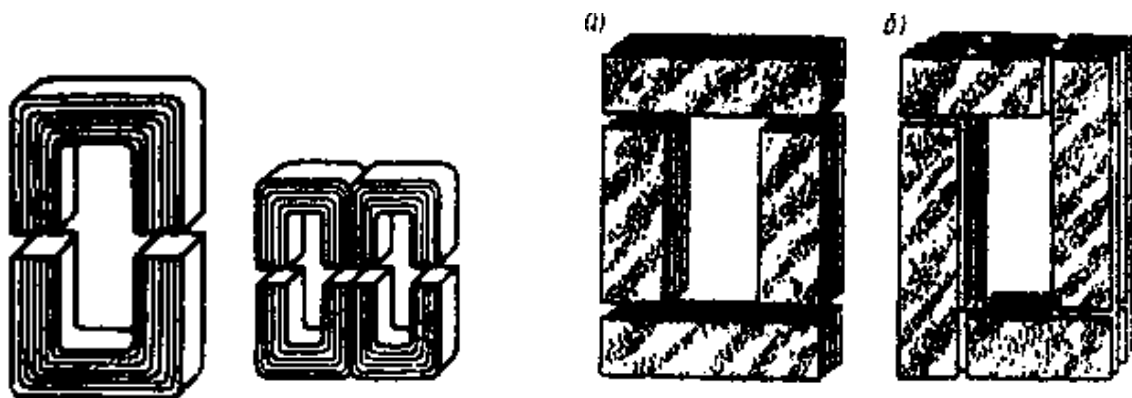
Трансформатор состоит из сердечника (магнитопровода) и обмоток.

1. Сердечник – система, образующая магнитную цепь трансформатора.

Функции магнитопровода:

- составляет магнитную цепь, по которой замыкается основной магнитный поток;
- служит для крепления и установки обмоток, отводов и переключателей;

Магнитопровод имеет ленточную или шихтованную конструкцию (состоит из тонких стальных пластин (0,5 мм), покрытых с двух сторон изолирующей пленкой (лаком)).



Виды магнитопровода:

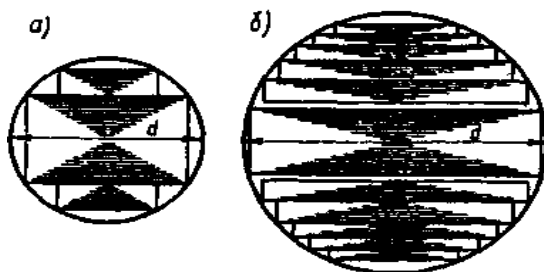
1. Стержневого типа – обмотки охватывают стержни сердечника;
2. Броневого типа – обмотки частично охватывают стержни сердечника;
3. Бронестержневого типа.

Сердечник состоит из: ярма и стержня, которые соединяются:

- встык (стыковая конструкция) – ярмо и стержень собираются отдельно, потом крепятся с помощью крепежных деталей;
 - впереплет (шихтованная конструкция) – сердечник набирается сразу.
- (встык облегчает посадку обмоток на стержни, не нужно расшихтовывать);
(впереплет механически крепче, не нужен крепеж);
(встык между стержнем и ярмом изоляционная прокладка, чтобы не было вихревых токов; отсутствие прокладки уменьшает потери х.х.);
(впереплет в местах поворота листов на 90° появляются «зоны несовпадения» направления прокатки с направлением магнитного потока, наблюдаются увеличение магнитного сопротивления и рост магнитных потерь, с целью ослабления этого явления применяют для шихтовки пластины (полосы) со скошенными краями).

В поперечном сечении стержню придают форму ступенчатого многоугольника, вписанного в окружность (для лучшего использования места внутри окружности).

Сечению ярма придают более простую форму. Активное сечение ярма увеличивают на 5-10 % для уменьшения потерь в стали.



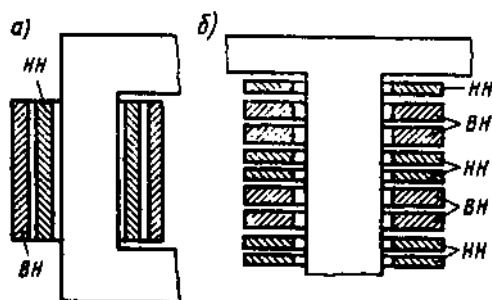
2. Обмотки.

Обмотки трансформаторов выполняют из обмоточных проводов круглого или прямоугольного сечения (медь или алюминий), изолированных хлопчатобумажной пряжей или кабельной бумагой.

Основой обмотки в большинстве случаев является бумажно-бакелитовый цилиндр, на котором крепятся элементы (рейки, угловые шайбы и т. п.), обеспечивающие обмотке механическую и электрическую прочность.

По взаимному расположению ВН и НН на стержне обмотки разделяют на:

- концентрические – в каждом поперечном сечении представляют собой окружности, имеющие общий центр;
- чередующиеся – части обмоток ВН и НН попеременно следуют друг за другом по высоте стержня.



Концентрическая (а) и дисковая (б) обмотки трансформаторов

Концентрические обмотки делятся на:

1. цилиндрические – однослойные и двухслойные.
2. винтовые – простая и полувинтовая.
3. непрерывные

По виду охлаждения трансформаторы делятся на:

1. с воздушным охлаждением (сухие)
2. с масляным охлаждением (масляные) – используют бак, наполненный специальным трансформаторным маслом (охлаждение и изоляция).

3. Виды баков:

1. гладкие – простейший тип баков (до 30 кВА);
2. ребристые – для увеличения охлаждаемой поверхности;
3. трубчатые – в стенки вваривают трубы диаметром 50 мм, располагаемые в 1-3 ряда (до 3000 кВА);
4. с навесным радиаторами – пристроены к стенкам бака (до 10000 кВА);
5. обдув радиаторов – обособленная система обдува (от 10000 кВА).

4. Крышка бака и выводы.

1. выводные изоляторы ВН и НН.
2. маслорасширитель. Для компенсации объема масла при изменении температуры, а также для защиты масла от окисления и увлажнения при контакте с воздухом применяют расширительный бачок (объем 10 % от объема бака).
3. предохранительная труба. В процессе работы трансформатора возникают явления, сопровождающиеся выделением газов. Для этого применяют выхлопную трубу.

Применение:

- 1) силовые – для передачи и распределения электроэнергии;
- 2) автотрансформаторы – для преобразования напряжений в ограниченных пределах, для связи энергосистем различных напряжений (пуск двигателя);
- 3) испытательные – для испытаний под высоким напряжением;
- 4) силовые специального назначения: печные, сварочные;
- 5) измерительные – для измерения тока и напряжения;
- 6) трансформаторы в радиотехнике.

Вращающиеся машины – состоят из двух основных частей: статор и ротор, и отличаются между собой по конструкции этих частей.

Статор – неподвижная часть машины.

Ротор – вращающаяся часть машины.

Все машины обладают принципом обратимости, т.е. могут работать в режиме как генератора, так и двигателя.

Генератор – устройство, предназначенное для преобразования механической энергии в электрическую.

Двигатель – (наоборот) устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии в механическую.

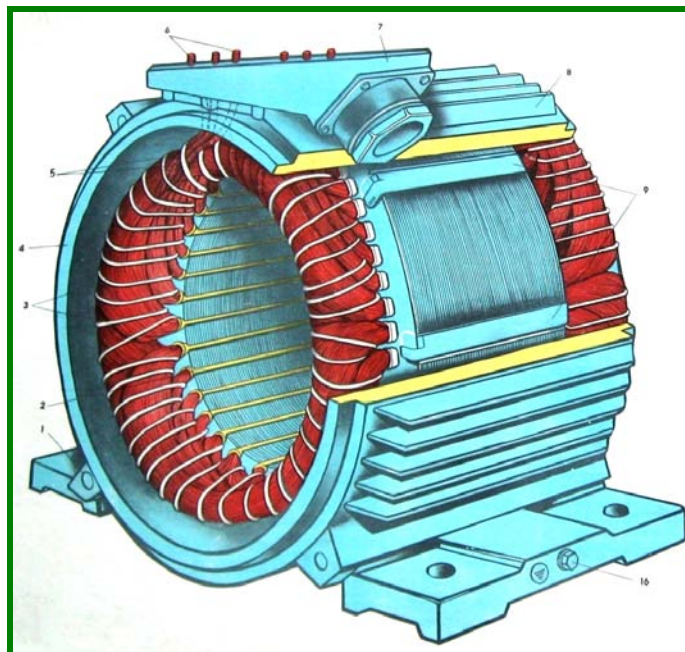
АСИНХРОННАЯ МАШИНА

АМ с короткозамкнутым ротором

Статор состоит из корпуса и сердечника. Поверхность корпуса имеет ряд продольных ребер для увеличения поверхности охлаждения.

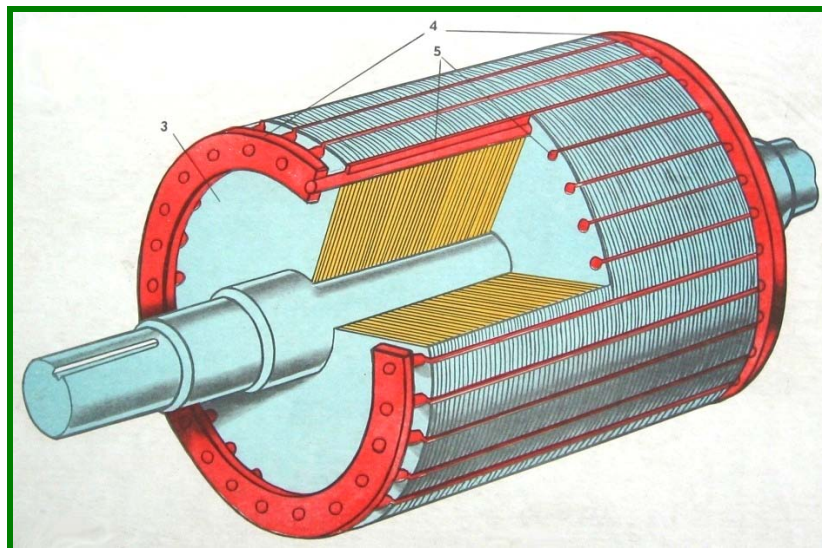
Сердечник представляет собой кольцо, собранное в виде пакета из листовой электротехнической стали, с пазами во внутренней поверхности. Отдельные листы сердечника изолируются друг от друга лаком для уменьшения в нем магнитных потерь на вихревые токи.

В пазах сердечника укладывается трех- или однофазная обмотка. Концы обмоток фаз выводят на зажимы коробки выводов на корпусе. Обычно асинхронные двигатели предназначены для включения в трехфазную сеть на два разных напряжения.



- 1 – отверстия для крепления подшипниковых щитов;
- 2 – клин-крышка для крепления обмотки в пазу;
- 3 – бандаж крепления лобовой части обмотки;
- 4 – корпус;
- 5 – выводные концы;
- 6 – контактные болты обмотки выводов;
- 7 – корпус коробки выводов;
- 8 – ребра охлаждения;
- 9 – скобы крепления стали сердечника;
- 10 – зубец статора;
- 11 – клин-крышка;
- 12 – верхний слой обмотки;
- 13 – корпусная изоляция;
- 14 – прокладка между слоями обмотки;
- 15 – нижний слой обмотки;
- 16 – отверстие для болта крепления двигателя

Ротор представляет собой цилиндр, собранный в виде пакета из штампованных дисков листовой электротехнической стали, насаженных непосредственно на вал. На наружной поверхности этого ротора имеются пазы, в которые вставляются медные, бронзовые, алюминиевые или стальные стержни без изоляции. Эти стержни с обоих торцов ротора накоротко соединяются кольцами, с которыми они спаиваются или свариваются. Такая короткозамкнутая обмотка ротора называется *беличья клетка*.



Между внутренней поверхностью статора и ротором имеется небольшой воздушный зазор.

Вал ротора вращается в подшипниках качения, расположенных в подшипниковых щитах. Охлаждение двигателя осуществляется методом обдува наружной ребренной поверхности.

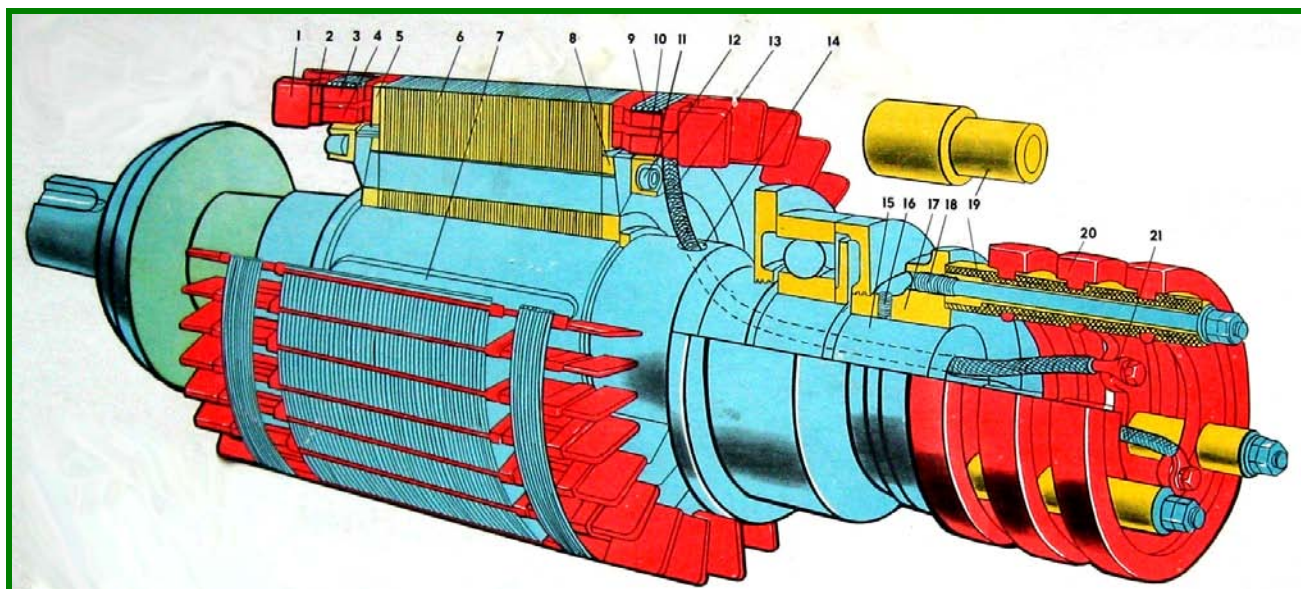
АМ с фазным ротором

Конструкция *статора* та же, что у АД с КР (отличается только корпус)

Ротор имеет более сложную конструкцию. На валу также закреплен шихтованный сердечник с трехфазной обмоткой, выполненной аналогично обмотке статора. Эту обмотку соединяют звездой, а ее концы присоединяют к трем контактным кольцам, расположенным на валу и изолированным друг от друга и от вала.

Для осуществления электрического контакта с обмоткой вращающегося ротора на каждое контактное накладывают обычно две щетки для соединения обмотки ротора с пускорегулирующим реостатом, располагаемые в щеткодержателях. Каждый щеткодержатель снабжен пружинами, обеспечивающими прижатие щеток к контактному кольцу с определенным усилием.

АД С ФР имеют более сложную конструкцию и менее надежны, но они обладают лучшими регулировочными и пусковыми свойствами, чем двигатели с короткозамкнутым ротором.



АМ является электрической машиной переменного тока, ротор которой вращается несинхронно с вращающимся магнитным полем машины.

АМ получили основное применение как двигатели. Это самые надежные, простые и дешевые двигатели. Они могут работать и в режиме генератора, но для этого требуются специальные условия и применяются они в специальных установках.

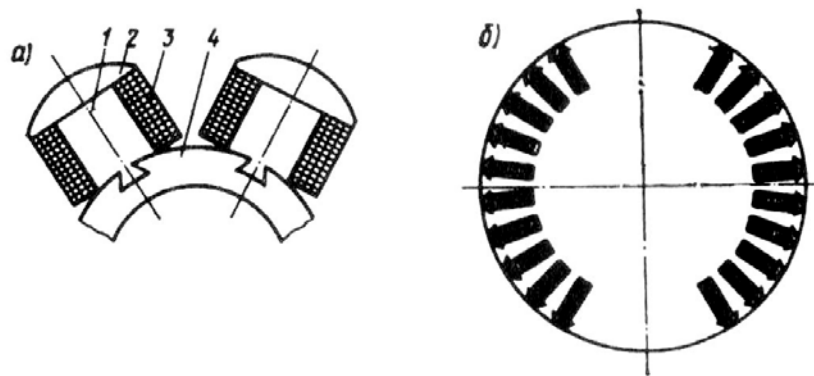
СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

СМ называют электрическую машину переменного тока, у которой частота индуцированной в ней ЭДС жестко связана со скоростью вращения машины.

Статоры СМ в принципе не отличаются от статоров АД, т.е. состоят из корпуса, сердечника и обмотки.

Конструктивное исполнение статора СМ может быть различным в зависимости от назначения и габаритов машины. Так в многополюсных машинах большой мощности пластины сердечника делают из отдельных сегментов, которые при сборке образуют цилиндр сердечника статора. Корпуса статоров крупногабаритных машин делают разъемными, что необходимо для удобства транспортировки и монтажа этих машин.

Ротор СМ может иметь две принципиально различающиеся конструкции: явнополюсные и неявнополюсные.



Явнополюсная машина (гидрогенераторы) – тихоходная

Ротор с явно выраженными полюсами, где каждый полюс выполняют виде отдельного узла, состоящего из сердечника, полюсного наконечника и полюсной катушки (обмотки возбуждения).

Все полюсы ротора закреплены на ободке, являющемся также и ярмом магнитной системы машины, в котором замыкаются потоки полюсов (число полюсов 8-100).

Неявнополюсная машина (турбогенераторы) – быстроходная.

Роторы выполняются либо двух- либо четырехполюсными. В процессе работы таких машин действуют значительные центробежные силы. Поэтому по условиям механической прочности в турбогенераторах применяют неявнополюсный ротор, имеющий вид удлиненного стального цилиндра с профрезерованными на поверхности продольными пазами для обмотки возбуждения.

Сердечник неявнополюсного ротора изготавливают в виде идеальной стальной поковки вместе с концами вала или же делают сборными. Обмотка возбуждения занимает $2/3$ поверхности (по периметру). Оставшаяся $1/3$ образует полюсы.

Для защиты лобовых частей обмотки ротора от разрушения действием центробежных сил, ротор с двух сторон прикрывают стальными бандажами кольцами из немагнитной стали.

Применение:

на электрических станциях (синхронные генераторы); в автоматических устройствах; летательных аппаратах; установках проводной связи; электроприводах и т.д., то есть там где не требуется регулировка скорости вращения

Достоинства:

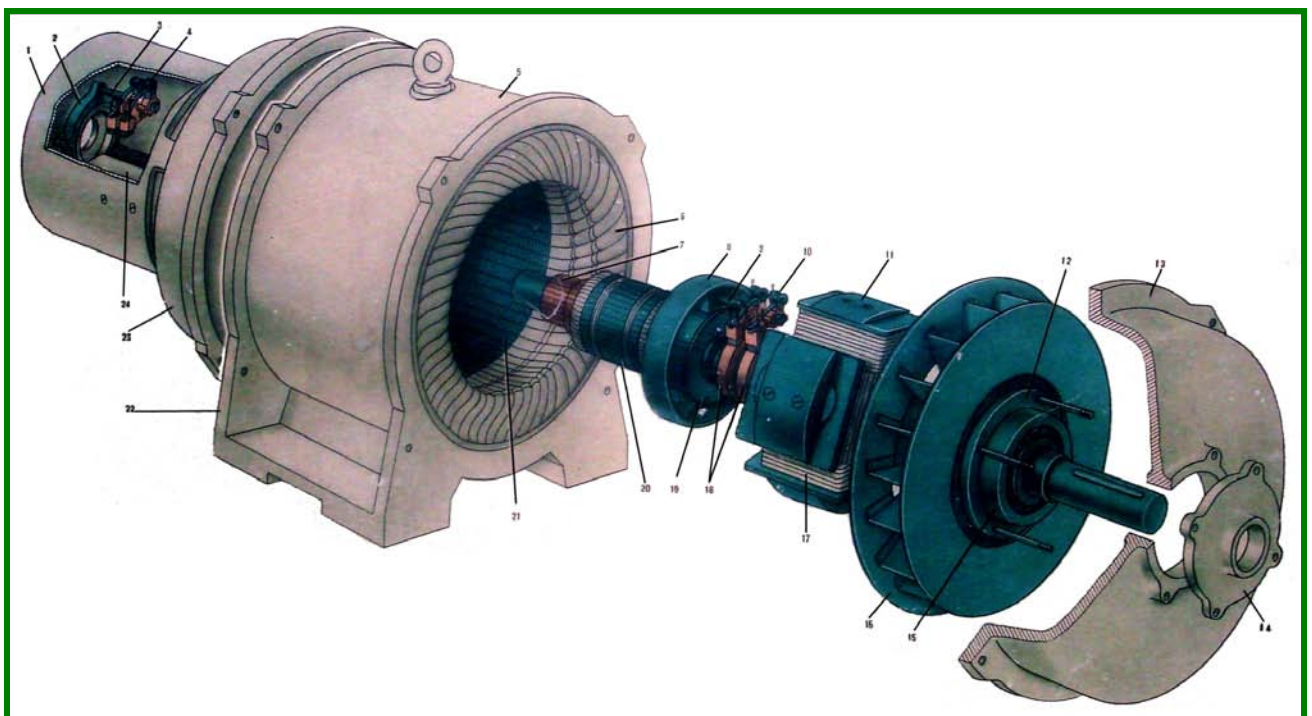
СМ может работать с $\cos \varphi_1=1$ не создавая в питающей сети индуктивных токов, вызывающих дополнительные потери в отличие от АМ.

Составляющая электромагнитного момента пропорциональна напряжению сети U_1 , а у АД $M_{эм}$ пропорционален квадрату этого напряжения (поэтому СД сохраняют перегрузочную способность при снижении напряжения)

Недостатки:

Сложная конструкция

Необходимо устройство для питания постоянным током обмотки возбуждения



- 1 – станина возбуждителя; 2 – щеточная траверса; 3, 9 – палец щеткодержателей;
4, 10 – щеткодержатель со щеткой; 5 – станина генератора; 6 – обмотка статора;
7 – коллектор возбуждителя; 8 – капсула подшипника;
11 – полюс индикатора; 12, 14 – внутренняя, внешняя крышка подшипника;
13 – задний подшипниковый щит; 15 – подшипник; 16 – вентилятор;
17 – катушка индуктора; 18 – контактные кольца; 19 – крышка подшипника;
20 – якорь возбуждителя; 21 – сердечник статора; 22 – лапы станины;
23 – передний подшипниковый щит; 24 – полюс возбуждителя

МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

МПТ состоит из двух основных частей:

- 1) неподвижной части, предназначенной в основном для создания магнитного потока (индуктор);
- 2) вращающейся части, в которой происходит процесс преобразования механической энергии в электрическую (электрогенератор), или обратно – электрической энергии в механическую (электродвигатель).

Эти части отделяются друг от друга воздушным зазором.

Неподвижная часть МПТ состоит из:

- 1) Основных (главных) полюсов – для создания основного магнитного потока
- 2) Дополнительных полюсов, установленных между основными – для достижения безыскровой работы щеток на коллекторе.
- 3) Станины – для крепления полюсов.

Якорь представляет собою цилиндрическое тело, вращающееся в пространстве между полюсами, и состоит из:

- Зубчатого сердечника якоря.
- Уложенной на нем обмотки.
- Коллектора.
- Щеточного аппарата.

Главный полюс

Он состоит из набираемого на шпильках сердечника из листовой электротехнической стали. Со стороны обращенной к якорю сердечник имеет полюсной наконечник, служащий для облегчения проведения магнитного потока через воздушный зазор. На сердечник полюса надевают катушку обмотки возбуждения, по которой проходит постоянный ток. Катушка наматывается на каркас. С целью увеличения теплопроводности катушки подвергают многократной пропитке в горячих лаках с последующей сушкой в печах.

Дополнительные полюса

Дополнительный полюс состоит из сердечника, оканчивающегося полюсным наконечником и надетой на сердечник катушки. Дополнительные полюса устанавливаются строго по середине между главными полюсами.

Станина

Станией называется неподвижная часть машины к которой крепятся все виды полюсов и при помощи которой машины крепятся к фундаменту. Часть машины служащая для проведения потока полюсов, называется ярмом.

Станина делается из чугуна или стали. В зависимости от диаметра якоря выполняют подшипниковые щиты для щитовых подшипников, которые либо крепятся к станине, либо отдельно от станины на фундаментной плите машины.

Якорь

В настоящее время применяются зубчатые якоря барабанного типа, которые выполняются из листовой электротехнической стали толщиной 0,5 мм при нормальной для МПТ частоте перемагничивания якоря (20-60 Гц).

Листы стали набираются в осевом направлении машины и для уменьшения потерь от вихревых токов изолируются друг от друга лаком или бумагой. Сердечник якоря спрессовывается с обеих сторон посредством нажимных приспособлений.

Обмотка якоря.

Состоит из секций, изготовленных на особых шаблонах и укладываемых в пазах сердечника якоря. (петлевая, волновая, смешанная)

Коллектор. Обмотка якоря присоединяется к коллектору.

Коллектор выполняется из пластин трапецеидальной формы, изолированных друг от друга и от корпуса посредством миканитовых прокладок и миканитовых манжет.

Пластины закрепляются на ласточкиных хвостах, и после ряда запрессовок в горячем состоянии коллектор обтачивается так, чтобы его поверхность была строго цилиндрической. Петушок необходим для крепления к коллектору лобовых частей обмотки якоря.

Щеточный аппарат

Для отвода тока от вращающегося коллектора и подвода к нему тока применяется щеточный аппарат, состоящий из: щеток, щеткодержателей, щеточных пальцев, щеточной траверсы, токовые проводники.

Материал для изготовления щеток (в зависимости от твердости): угольные, угольнографитные, меднографитные, медные

Основное применение – тяговые электродвигатели, двигатель прокатного стана.

Достоинства:

- рекуперация энергии
- хорошие пусковые и регулировочные свойства
- способность работать на больших частотах вращения более 3000 об/мин
- большие пусковые моменты при относительно малом броске тока

Недостатки:

- наличие коллекторно-щеточного узла, из-за чего нарушается коммутация
- большие габариты, сложность изготовления и высокая стоимость