

Машины переменного тока

Смирнова Юлия 2/36

Основные виды машин переменного тока

Машины переменного тока по количеству фаз делятся на много фазные и однофазные. Наиболее часто машины выполняются трехфазными в соответствии с применяемой в энергетических установках системой трехфазного тока. Для автоматических устройств и для бытовых электроприборов применяются двухфазные машины и иногда однофазные. В основе работы многофазных машин и некоторых однофазных лежит образование вращающегося магнитного поля.

Каждая машина переменного тока, так же как машина постоянного тока, состоит из статора и ротора. По способу образования магнитного поля статора и ротора машины переменного тока делятся на две группы: асинхронные и синхронные.

Асинхронная машина

Асинхронной машиной называется машина переменного тока, у которой скорость вращения ротора зависит от нагрузки. Магнитное поле в асинхронной машине создается переменным током обмоток статора и ротора. Скорость вращения ротора отличается от скорости вращения поля.

Асинхронные машины делятся на бесколлекторные и коллекторные. Бесколлекторные асинхронные машины являются наиболее распространенными электрическими машинами в народном хозяйстве и применяются главным образом в качестве двигателей. Коллекторные асинхронные машины имеют большее разнообразие характеристик по сравнению с бесколлекторными, используются также в качестве двигателей, но имеют ограниченное применение.

Основным типом асинхронной бесколлекторной машины является трехфазный двигатель в двух главных исполнениях: двигатель с фазной обмоткой ротора (рис. 1,а) и двигатель с короткозамкнутой обмоткой ротора (рис. 1,б). Конструктивные схемы этих машин показаны на рис. 1, где 1 — сердечник статора, 2 — трехфазная обмотка статора, включаемая в сеть переменного тока, 3 — сердечник ротора, 4 — фазная обмотка ротора, 5 — контактные кольца для соединения с пусковым или регулировочным реостатом, 6 — короткозамкнутая обмотка ротора.

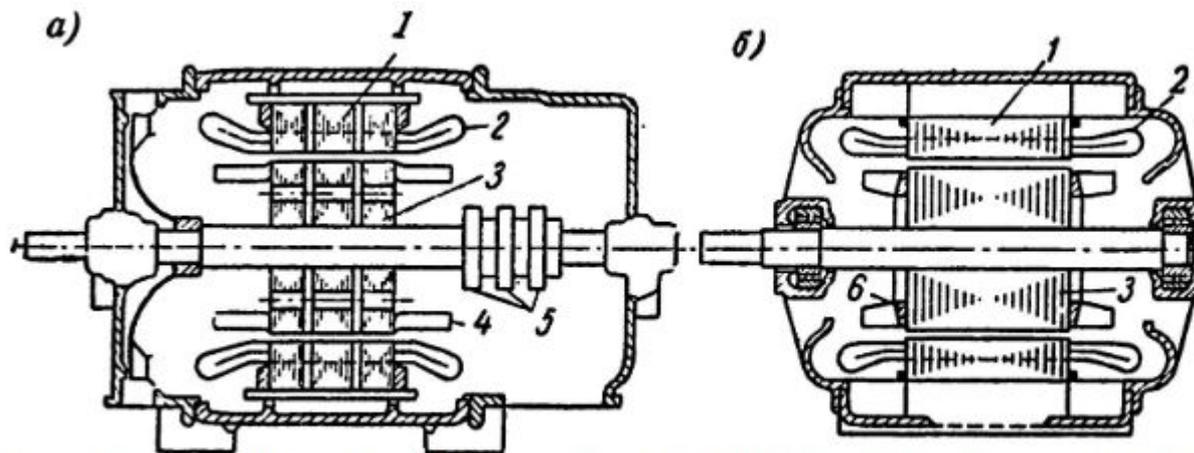


Рис. 1. Конструктивная схема трехфазного асинхронного двигателя: а — с фазной обмоткой ротора, б — с короткозамкнутой обмоткой ротора

Синхронная машина

Синхронной машиной называется такая машина переменного тока, скорость вращения ротора которой равна скорости вращения первой гармоники поля статора и определяется

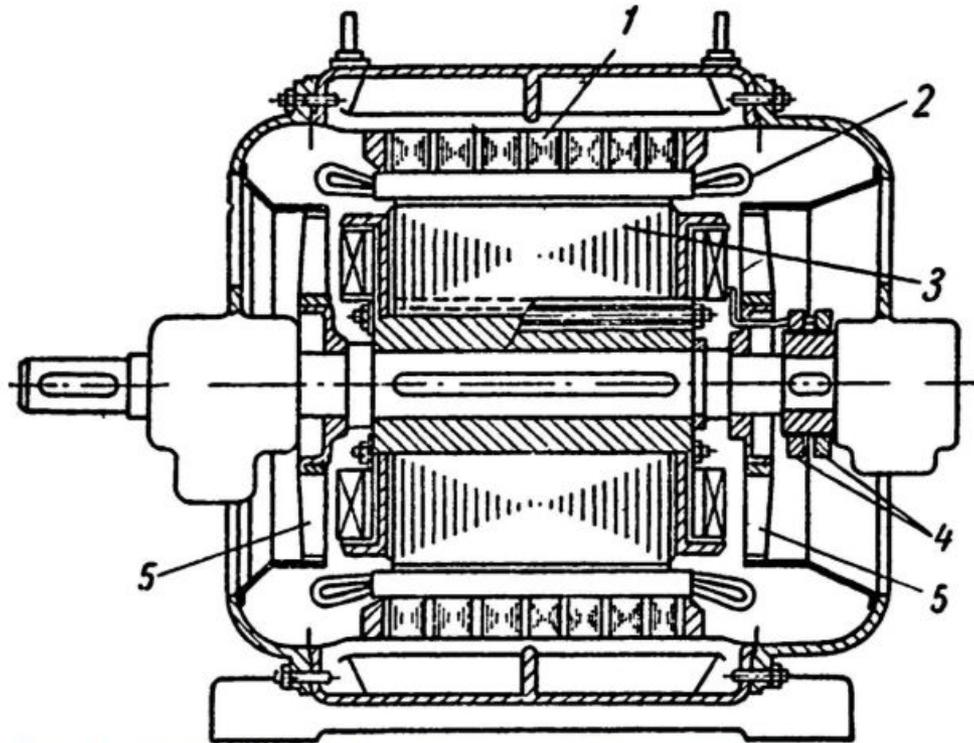


Рис. 2. Конструктивная схема трехфазного синхронного генератора

$$n = 60f/p.$$

частотой / переменного тока в обмотке статора и количеством пар полюсов машины

(1)

Как правило, магнитное поле в синхронной машине создается обмоткой постоянного тока ротора и обмоткой переменного тока статора. В синхронных машинах малой мощности вместо обмотки постоянного тока на роторе используются постоянные магниты (магнитоэлектрические синхронные машины) или же магнитное поле создается только переменным током обмотки статора (реактивные синхронные машины). Синхронные машины широко применяются в качестве генераторов трехфазного переменного тока на электростанциях и используются также в качестве электродвигателей.

На рис. 2 изображена конструктивная схема трехфазной синхронной машины. Здесь 1 — сердечник статора, 2 — трехфазная обмотка статора, 3 — полюсы ротора с обмоткой постоянного тока, 4 — кольца для соединения обмотки ротора с источником постоянного тока, 5 — вентиляторы.

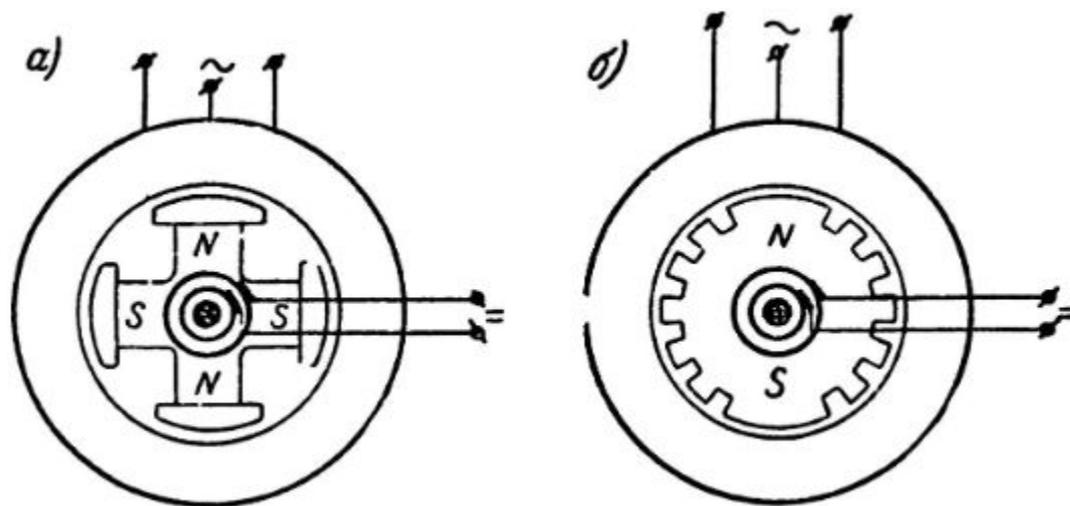


Рис. 3. Основные типы синхронных машин: а — с явнополюсным ротором, б — с неявнополюсным ротором

- По устройству ротора различают два типа синхронной машины: машина с явнополюсным ротором, в которой катушки обмотки постоянного тока размещены на выступающих полюсах (рис. 3,а) и машина с неявнополюсным ротором, в котором распределенная обмотка постоянного тока уложена в пазы ротора (рис. 3,б).
- Явнополюсная синхронная машина изготавливается для скорости вращения до 1500 об /мин и используется в качестве генератора или двигателя. Наиболее крупные синхронные машины устанавливаются на гидроэлектростанциях и приводятся во вращение водяными турбинами со скоростью до 300 об/мин.
- Неявнополюсная синхронная машина используется в основном как генератор на тепловых электростанциях и приводится во вращение паровой турбиной со скоростью обычно 3000 об/мин (при частоте 50 Гц).

Трехфазный асинхронный двигатель

- Трехфазный асинхронный электродвигатель - это асинхронный электродвигатель, который имеет трехфазную обмотку статора.
- Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором - это асинхронный электродвигатель, у которого ротор выполнен с короткозамкнутой обмоткой в виде беличьей клетки
- Трехфазный асинхронный электродвигатель, как и любой электродвигатель, состоит из двух основных частей - статора и ротора. Статор - неподвижная часть, ротор - вращающаяся часть. Ротор размещается внутри статора. Между ротором и статором имеется небольшое расстояние, называемое воздушным зазором, обычно 0,5-2 мм.



Статор

Статор асинхронного двигателя



Ротор

Ротор асинхронного двигателя

Статор состоит из корпуса и сердечника с обмоткой. Сердечник статора собирается из тонколистовой технической стали толщиной обычно 0,5 мм, покрытой изоляционным лаком. Шихтованная конструкция сердечника способствует значительному снижению вихревых токов, возникающих в процессе перемагничивания сердечника вращающимся магнитным полем. Обмотки статора располагаются в пазах сердечника.



Корпус и сердечник статора асинхронного электродвигателя



Конструкция шихтованного сердечника асинхронного двигателя

Ротор состоит из сердечника с короткозамкнутой обмоткой и вала. Сердечник ротора тоже имеет шихтованную конструкцию. При этом листы ротора не покрыты лаком, так как ток имеет небольшую частоту и оксидной пленки достаточно для ограничения вихревых токов.

Принцип работы. Вращающееся магнитное поле

- Принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя основан на способности трехфазной обмотки при включении ее в сеть трехфазного тока создавать вращающееся магнитное поле.
- Вращающееся магнитное поле - это основная концепция электрических двигателей и генераторов.



Вращающееся магнитное поле асинхронного электродвигателя

Частота вращения этого поля, или синхронная частота вращения прямо пропорциональна частоте переменного тока f_1 и обратно пропорциональна числу пар полюсов p трехфазной обмотки.

$$n_1 = \frac{f_1 \cdot 60}{p},$$

где n_1 – частота вращения магнитного поля статора, об/мин,

f_1 – частота переменного тока, Гц,

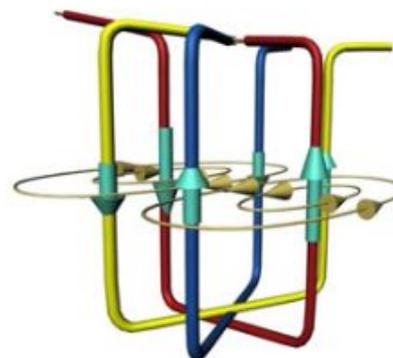
p – число пар полюсов

Концепция вращающегося магнитного поля

Чтобы понять феномен вращающегося магнитного поля лучше, рассмотрим упрощенную трехфазную обмотку с тремя витками. Ток текущий по проводнику создает магнитное поле вокруг него. На рисунке ниже показано поле создаваемое трехфазным переменным током в конкретный момент времени

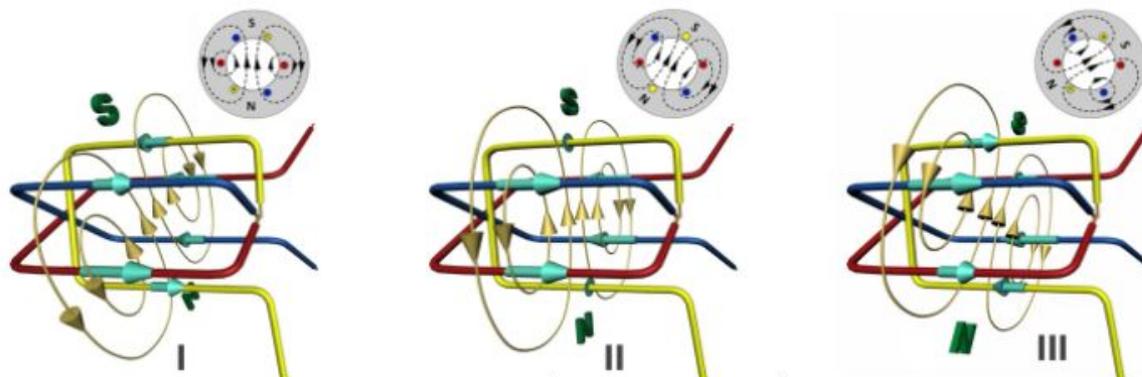


Магнитное поле прямого проводника с постоянным током

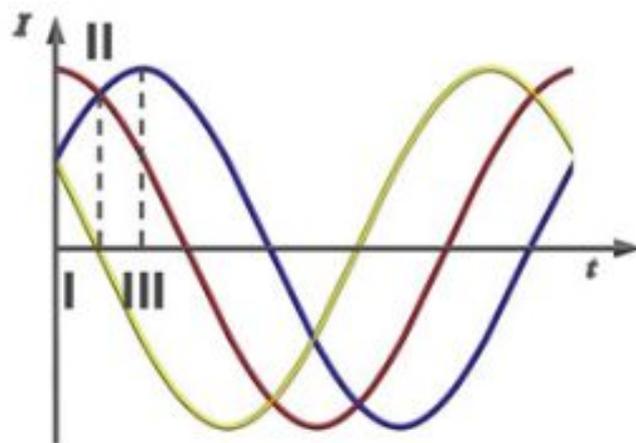


Магнитное поле создаваемое обмоткой

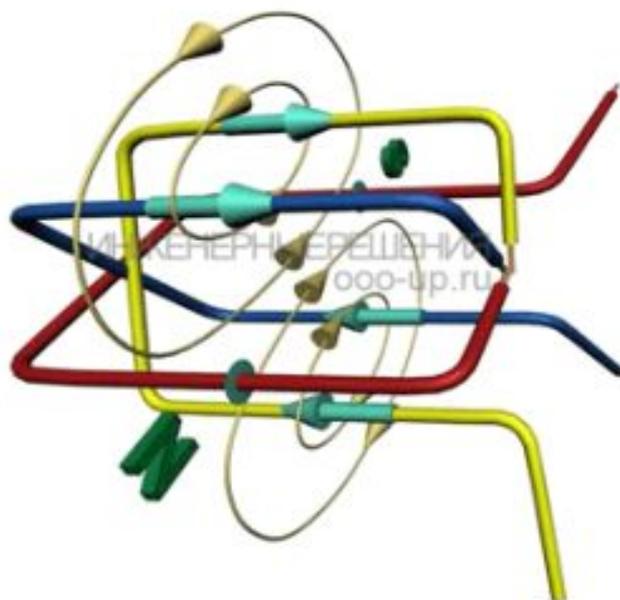
Составляющие переменного тока будут изменяться со временем, в результате чего будет изменяться создаваемое ими магнитное поле. При этом результирующее магнитное поле трехфазной обмотки будет принимать разную ориентацию, сохраняя при этом одинаковую амплитуду.



Магнитное поле создаваемое трехфазным током в разный момент времени



Ток протекающий в витках электродвигателя (сдвиг 60°)

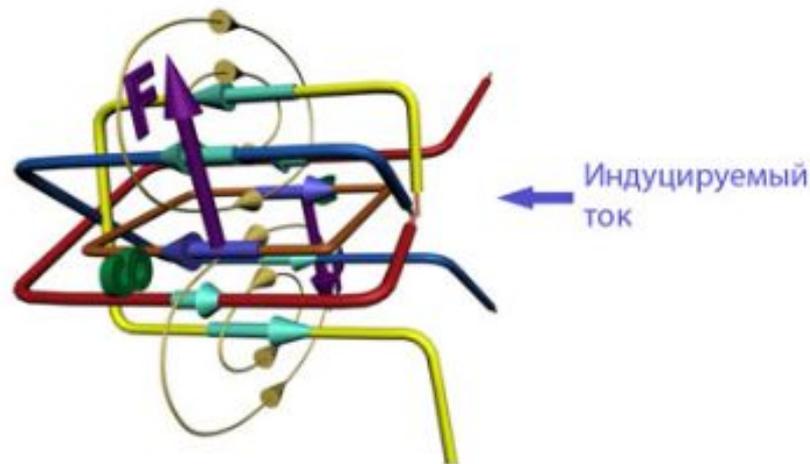


Запустить

Вращающееся магнитное поле

Действие вращающегося магнитного поля на замкнутый виток

Теперь разместим замкнутый проводник внутри вращающегося магнитного поля. По **закону электромагнитной индукции** изменяющееся магнитное поле приведет к возникновению электродвижущей силы (ЭДС) в проводнике. В свою очередь ЭДС вызовет ток в проводнике. Таким образом, в магнитном поле будет находиться замкнутый проводник с током, на который согласно **закону Ампера** будет действовать сила, в результате чего контур начнет вращаться.



Влияние вращающегося магнитного поля на замкнутый проводник с током

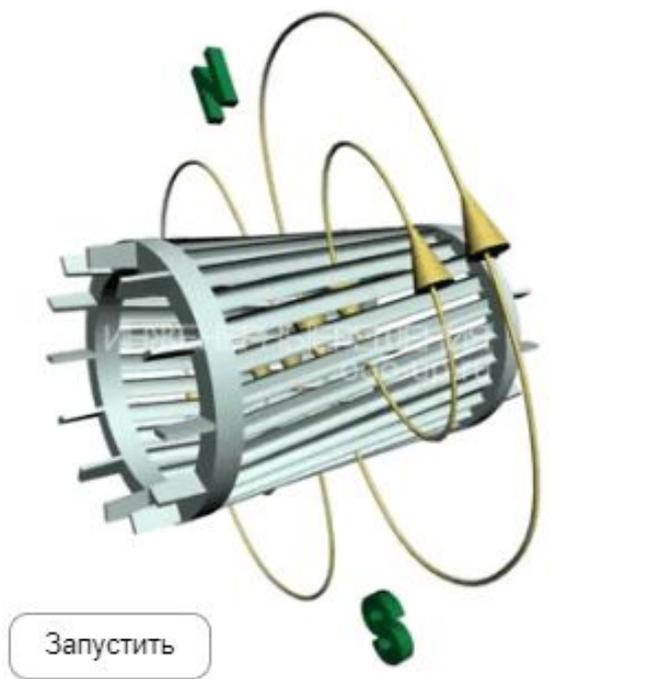
Короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя

По этому принципу также работает **асинхронный электродвигатель**. Вместо рамки с током внутри асинхронного двигателя находится короткозамкнутый ротор по конструкции напоминающий беличье колесо. Короткозамкнутый ротор состоит из стержней накоротко замкнутых с торцов кольцами.

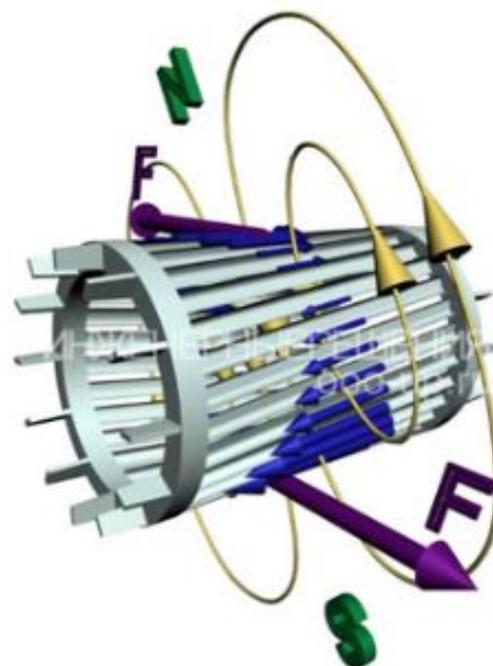


Короткозамкнутый ротор "беличья клетка" наиболее широко используемый в асинхронных электродвигателях (показан без вала и сердечника)

Трехфазный переменный ток, проходя по обмоткам статора, создает вращающееся магнитное поле. Таким образом, также как было описано ранее, в стержнях ротора будет индуцироваться ток, в результате чего ротор начнет вращаться. На рисунке ниже Вы можете заметить различие между индуцируемыми токами в стержнях. Это происходит из-за того что величина изменения магнитного поля отличается в разных парах стержней, из-за их разного расположения относительно поля. Изменение тока в стержнях будет изменяться со временем.



Вращающееся магнитное поле пронизывающее короткозамкнутый ротор



Магнитный момент действующий на ротор

Вы также можете заметить, что стержни ротора наклонены относительно оси вращения. Это делается для того чтобы уменьшить высшие гармоники ЭДС и избавиться от пульсации момента. Если стержни были бы направлены вдоль оси вращения, то в них возникало бы пульсирующее магнитное поле из-за того, что магнитное сопротивление обмотки значительно выше магнитного сопротивления зубцов статора.

Скольжение асинхронного двигателя. Скорость вращения ротора

Отличительный признак асинхронного двигателя состоит в том, что частота вращения ротора n_2 меньше синхронной частоты вращения магнитного поля статора n_1 .

Объясняется это тем, что ЭДС в стержнях обмотки ротора индуцируется только при неравенстве частот вращения $n_2 < n_1$. Частота вращения поля статора относительно ротора определяется частотой скольжения $n_s = n_1 - n_2$. Отставание ротора от вращающегося поля статора характеризуется относительной величиной s , называемой скольжением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

где s – скольжение асинхронного электродвигателя,

n_1 – частота вращения магнитного поля статора, об/мин,

n_2 – частота вращения ротора, об/мин,

Рассмотрим случай когда частота вращения ротора будет совпадать с частотой вращения магнитного поля статора. В таком случае относительное магнитное поле ротора будет постоянным, таким образом в стержнях ротора не будет создаваться ЭДС, а следовательно и ток. Это значит что сила действующая на ротор будет равна нулю. Таким образом ротор будет замедляться. После чего на стержни ротора опять будет действовать переменное магнитное поле, таким образом будет расти индуцируемый ток и сила. В реальности же ротор **асинхронного электродвигателя** никогда не достигнет скорости вращения магнитного поля статора. Ротор будет вращаться с некоторой скоростью которая немного меньше синхронной скорости.

Скольжение асинхронного двигателя может изменяться в диапазоне от 0 до 1, т. е. 0—100%. Если $s \sim 0$, то это соответствует режиму холостого хода, когда ротор двигателя практически не испытывает противодействующего момента; если $s = 1$ — режиму короткого замыкания, при котором ротор двигателя неподвижен ($n_2 = 0$). Скольжение зависит от механической нагрузки на валу двигателя и с ее ростом увеличивается.

Скольжение, соответствующее номинальной нагрузке двигателя, называется номинальным скольжением. Для асинхронных двигателей малой и средней мощности номинальное скольжение изменяется в пределах от 8% до 2%.

Преобразование энергии

- Асинхронный двигатель преобразует электрическую энергию подаваемую на обмотки статора, в механическую (вращение вала ротора). Но входная и выходная мощность не равны друг другу так как во время преобразования происходят потери энергии: на трение, нагрев, вихревые токи и потери на гистерезисе. Это энергия рассеивается как тепло. Поэтому асинхронный электродвигатель имеет вентилятор для охлаждения.

Принцип работы синхронного двигателя

Принцип действия синхронного электродвигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора и постоянного магнитного поля ротора. Концепция вращающегося магнитного поля статора синхронного электродвигателя такая же, как и у трехфазного асинхронного электродвигателя.

Принцип работы синхронного двигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора и постоянного магнитного поля ротора.



Остановить

Вращающееся магнитное поле синхронного электродвигателя

Магнитное поле ротора, взаимодействуя с синхронным переменным током обмоток статора, согласно **закону Ампера**, создает **крутящий момент**, заставляя ротор вращаться (**подробнее**).

Постоянные магниты, расположенные на роторе СДПМ, создают постоянное магнитное поле. При синхронной скорости вращения ротора с полем статора, полюса ротора сцепляются с вращающимся магнитным полем статора. В связи с этим СДПМ не может сам запуститься при подключении его напрямую к сети трехфазного тока (частота тока в сети 50Гц).

Однофазные двигатели

- Строго говоря, именно однофазным называется такой асинхронный двигатель, который имеет на статоре одну рабочую обмотку, которая подключается к сети однофазного тока. Запуск осуществляется вращающимся магнитным полем, создающимся основной обмоткой и дополнительной (меньшей) пусковой обмоткой, которая подключается через ёмкость/индуктивность к основной сети на время пуска или замыкается накоротко (в двигателях малой мощности).
- Преимуществом двигателя является простота конструкции (короткозамкнутый ротор). Недостатки — малый пусковой момент (или вообще его отсутствие) и низкий КПД.
- Применяются в основном в вентиляторах малой мощности (настольных, оконных, для ванных комнат и т. п.). Самым массовым советским вентилятором такого типа (и двигателем для него) был «ВН-2» мощностью 15 Ватт. Особенностью его конструкции является установка шарикового подшипника только с одной стороны вала двигателя (противоположной крыльчатке вентилятора), в результате из-за значительных изгибающих нагрузок подшипник (и двигатель) сильно шумит даже на малых оборотах.

