



«Электрические машины автоматических устройств» Электрические машины переменного тока



Электрические машины переменного тока подразделяются на синхронные и асинхронные. У синхронных машин частота вращения ротора определяется выражением

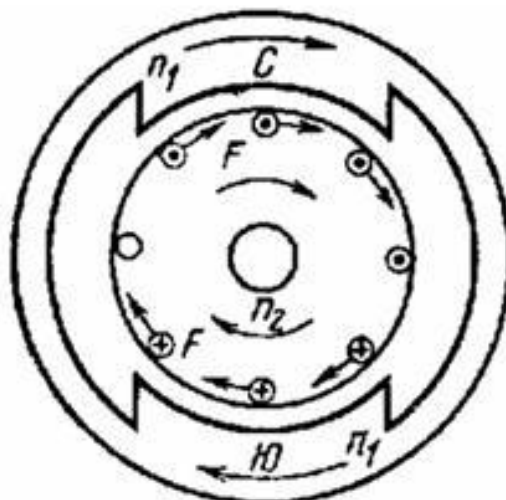
$$n = \frac{60f}{p}$$

т.е. число оборотов в минуту n и частота f в герцах наводимой ЭДС связаны между собой прямо пропорциональной зависимостью (частота вращения ротора и частота наводимой ЭДС синхронны); p - число пар полюсов машины.

Синхронные машины наиболее часто используются в качестве генераторов. Синхронные двигатели менее распространены, и их используют там, где требуется постоянство частоты вращения при изменении нагрузки, а также в качестве компенсаторов для повышения коэффициента мощности электрических систем.

У асинхронных машин нет синхронности между частотой вращения ротора и частотой вращения магнитного поля. Асинхронные машины чаще используют в качестве двигателей.

Устройство асинхронного двигателя



Частота вращения ротора n_2 во всех случаях будет меньше частоты вращения магнитного поля статора n_1 . Если предположить, что эти частоты вращения будут равны, то роторная обмотка будет неподвижной относительно магнитного поля статора, следовательно, в ней не будет наводиться ЭДС и не возникнет механическая сила, которая привела бы ротор во вращение.

В то же время, чем больше разность этих частот, тем больше наводимая ЭДС и тем больше ток в обмотке ротора. Это приводит к увеличению электромагнитной силы F и развиваемого двигателем момента.

Отставание частоты вращения ротора от частоты вращения магнитного поля характеризуется так называемой величиной скольжения S . Под скольжением понимают разность между частотой вращения поля статора n_1 и частотой вращения ротора n_2 , выраженную в процентах от частоты вращения поля статора

$$S = (n_1 - n_2) 100\% / n_1.$$

Величина скольжения асинхронного двигателя в зависимости от режима его работы может изменяться от 0 до 1. Случай $S = 1$ соответствует тому моменту, когда частота вращения ротора n_2 равна нулю, а это имеет место при пуске двигателя, а также в том случае, когда тормозящий момент нагрузки больше вращающего момента. Для асинхронных двигателей всегда указывается величина скольжения при номинальной нагрузке. Для двигателя с мощностью от 1 до 1000 кВт номинальное скольжение лежит в пределах 0,06 - 0,01. Нетрудно определить частоту вращения асинхронного двигателя

$$n_2 = n_1 (1-s).$$

Трехфазные асинхронные двигатели делятся на двигатели с короткозамкнутым и фазным роторами. Последний иногда называют двигателем с контактными кольцами или коллекторным.

Наибольшее распространение получили бесколлекторные двигатели с короткозамкнутым ротором, которые обладают лучшими эксплуатационными характеристиками и меньшей стоимостью по сравнению с коллекторными. Основное эксплуатационное преимущество их заключается в том, что они не имеют трущихся колец и щеток.

Конструкция асинхронного двигателя

Двигатель состоит из станины, к которой крепятся статор и две боковины с подшипниками для опоры вала ротора. Статор содержит магнитопровод и обмотки, к которым подводится напряжение питающей сети. Магнитопровод представляет собой набор кольцеобразных пластин, изготовленных из электротехнической стали толщиной 0,35... 0,5 мм. С целью снижения потерь от вихревых токов пластины изолируются друг от друга окалиной, лаком или тонкой бумагой. На внутренней стороне пластины при штамповке вырубается пазы, в которые после сборки пластин укладываются три обмотки, образующие трехфазную систему.

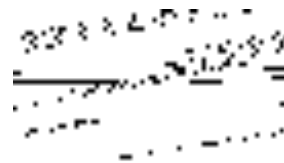
Концы обмоток выводятся на щиток, располагаемый на станине. В зависимости от схемы переключения обмоток можно получить соединение их либо звездой, либо треугольником. В первом случае двигатель включают на напряжение питания 380/220 В, во втором - 220/127 В.

Для лучшего охлаждения двигателя пластины набираются в пакеты, между которыми прокладываются пластины с радиальными ребрами. Такие же пластины устанавливаются по обеим сторонам статора.

Ротор размещают внутри статора и с обеих сторон закрепляют в подшипниках. Сердечник ротора собирается из изолированных друг от друга пластин, изготовленных из электротехнической стали. В пластинах делают пазы, в которые после сборки сердечника укладывается обмотка. В коллекторных двигателях обмотка может быть выполнена по схеме трехфазной звезды с выводами ее на изолированные коллекторные кольца, устанавливаемые на роторе. К коллекторным кольцам прижимаются угольные или медные щетки, с помощью которых обмотку можно нагрузить на сопротивление или замкнуть накоротко. Коллекторные двигатели обладают лучшими пусковыми и регулировочными характеристиками и выполняются на повышенные мощности. В бесколлекторных двигателях короткозамкнутый ротор имеет обмотку, в виде так называемой "беличьей клетки", которая выполняется, как правило, из алюминия, залитого в пазы сердечника. При такой обмотке все составляющие ее проводники замыкаются между собой на торцах ротора кольцами. Для вентиляции двигателя кольца могут отливаться с лопастями.

Принцип действия

В основе принципа действия трехфазного асинхронного двигателя лежит взаимодействие вращающегося магнитного поля с короткозамкнутым проводником. Если по трехфазной обмотке пропустить ток, то создается вращающееся магнитное поле, частота вращения которого

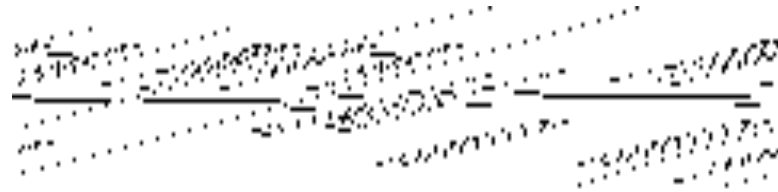


где f_1 - частота питающей сети;
 p - число пар полюсов обмотки статора.

Вращающееся магнитное поле статорной обмотки будет пронизывать ротор. Если на нем уложена замкнутая обмотка, то в ней будет наводиться ЭДС и потечет ток. Направление ЭДС можно определить по правилу правой руки. В свою очередь ток роторной обмотки создает магнитное поле, которое будет взаимодействовать с полем статора. В результате этого взаимодействия появляется электромагнитная сила F , направление которой определяется по правилу левой руки. Под действием силы F возникает электромагнитный момент, приводящий ротор во вращение, направление которого совпадает с направлением вращения магнитного поля статора.

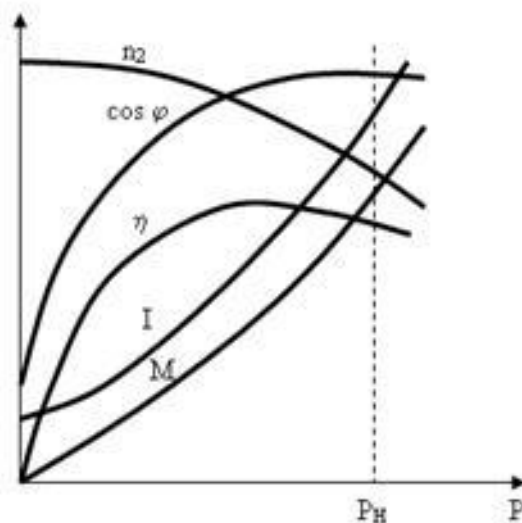
Ввиду того, что обмотка ротора обладает индуктивностью, протекающий по ней ток имеет активную и реактивную составляющие. Механическую силу в двигателе создает только активная составляющая тока ротора, величина которой зависит от соотношения между активным и индуктивным сопротивлением обмотки ротора. Индуктивное сопротивление обмотки ротора равно $X_L = 2\pi f_2 L$, где L - индуктивность обмотки ротора; f_2 - частота изменения наводимой в нем ЭДС.

Выше говорилось о том, что ЭДС ротора наводится за счет наличия разности частот $n_1 - n_2$. Подставляя эту разность в общую формулу $f = pn/60$, получаем частоту ЭДС ротора



Так как частота f_2 меняется с изменением нагрузки, то с изменением нагрузки меняется и индуктивное сопротивление X_L ротора.

Изменение частоты вращения ротора при изменении нагрузки от режима холостого хода до номинальной величины, хотя и незначительно, но имеет место. По этой причине этот вид двигателей называют асинхронными, в отличие от синхронных, в которых частота вращения ротора не зависит от нагрузки и синхронна частоте вращения поля статора. У асинхронных двигателей довольно жесткая скоростная характеристика - зависимость числа оборотов от величины нагрузки или полезной мощности двигателя P , отдаваемой в нагрузку $n_2 = f(P)$. Так, если нагрузка увеличивается от нуля до номинальной, то частота вращения ротора меняется всего на 1-6%.



Зависимость коэффициента мощности $\cos\varphi$ от нагрузки довольно резко выражена. Значение $\cos\varphi$ резко уменьшается (до 0,2) при сбросе нагрузки. Это объясняется тем, что в режиме холостого хода активная составляющая тока в роторе близка к нулю и ток в роторе имеет чисто реактивный характер. По мере увеличения нагрузки начинает возрастать активная составляющая тока I , что влечет за собой увеличение коэффициента мощности. При нагрузке, близкой к номинальному значению мощности $P_{н'}$, коэффициент мощности достигает своей максимальной величины (0,8-0,9), а при дальнейшем увеличении нагрузки - падает. Уменьшение коэффициента мощности при увеличении нагрузки вызвано возрастанием разности частот $n_1 - n_2$, увеличением индуктивного сопротивления ротора и, следовательно, возрастанием индуктивной составляющей тока.

Для повышения коэффициента мощности необходимо, чтобы нагрузка асинхронного двигателя была номинальной или близкой к ней. Если нагрузка не превышает 50% номинальной, для повышения коэффициента мощности целесообразно уменьшить подводимое к двигателю напряжение. Для этой цели статорную обмотку переключают с треугольника на звезду.

Двигатель имеет максимальное значение КПД - η при мощности, несколько меньшей номинальной.

Задание и контрольные вопросы

1. Подготовьте конспект лекции.
2. Приведите классификацию машин переменного тока?
3. Что такое скольжение?
4. Какие конструкции роторов применяются в асинхронных двигателях?
5. Как можно повысить коэффициент мощности?