Реферат

Асинхронные машины

***Содержание***

1. Общие сведения

2. Устройство асинхронных двигателей

Получение вращающегося магнитного потока

Создание вращающего момента

Частота вращения магнитного потока статора и скольжение

Энергетическая диаграмма и КПД асинхронного двигателя

Характеристики асинхронного двигателя

Литература

***1. Общие сведения***

Асинхронная машина - это бесколлекторная машина переменного тока, у которой в установившемся режиме магнитное поле, участвующее в основном процессе преобразования энергии, и ротор вращаются с разными скоростями.

Наибольшее распространение получили *асинхронные двигатели,* причем из всех электрических двигателей они являются самыми распространенными. Преимущества асинхронного двигателя состоят в простоте устройства, изготовления и эксплуатации, а также в большой надежности и сравнительно низкой стоимости. Широкое применение находит *трехфазный асинхронный двигатель*. Используют также *однофазный асинхронный двигатель.* Трехфазные двигатели применяют во всех отраслях народного хозяйства, однофазные - в основном в схемах автоматики, для привода электроинструмента, бытовых машин и т.п.

Промышленность выпускает асинхронные двигатели на рабочее напряжение от 127 В до 10 кВ, мощностью от долей ватта до нескольких тысяч киловатт. Однофазные асинхронные двигатели имеют мощность, как правило, не превышающую 0,5 кВт. Двигатели максимальной мощности изготовляются на напряжение 6-10 кВ. При частоте 50 Гц синхронная частота вращения двигателей различного типа колеблется от 500 до 3000 об/мин.

Кроме асинхронных двигателей, преобразующих электрическую энергию переменного тока в механическую энергию, имеются асинхронные машины, выполняющие функции *преобразователя частоты, регулятора напряжения и фазорегулятора.*

Асинхронные машины могут работать в режиме генератора. Но асинхронные генераторы как источники электрической энергии не применяются, так как они не имеют собственного источника возбуждения магнитного потока и могут работать только параллельно с другими (синхронными) генераторами, имеющими лучшие показатели.

Асинхронные машины малой мощности используются как генераторы для измерения частоты вращения валов (*тахогенераторы).*

асинхронная машина генератор двигатель

# ***2. Устройство асинхронных двигателей***

# ***Получение вращающегося магнитного потока***

Рассмотрим процесс получения вращающегося магнитного потока в асинхронном двигателе с тремя фазными обмотками статора, соединенными звездой. На рисунке каждая из этих обмоток представлена в виде одного витка.



От источника питания к обмоткам подводится трехфазная система напряжения, под действием которой по обмоткам протекает трехфазная система токов:

;

;

.

На рисунке показаны условные положительные направления токов в линейных проводах и проводниках обмоток статора, а также фазных магнитных потоков, соответствующие положительным направлениям фазных токов. Видно, что фазные магнитные потоки направлены по осевым линиям обмоток статора. При синусоидальном изменении фазного тока в обмотке магнитный поток фазы также изменяется по синусоидальному закону во времени. Направление магнитного потока фазы может быть положительным или отрицательным, но поток фазы всегда направлен по осевой линии (показано на рисунке пунктиром). Такой магнитный поток называется *пульсирующим.*

Если представить, что токи *iA, iВ* и *iС* в обмотках совпадают по фазе, т.е. в любой момент времени равны по значению и направлению, то создаваемые ими магнитные потоки также в любой момент времени равны по значению, а по направлению в пространстве сдвинуты на угол 120°. Суммарный поток в такой магнитной цепи равен нулю.

Так как в действительности по обмоткам протекает трехфазная система токов, то очевидно, что суммарный магнитный поток не равен нулю. Для определения характера суммарного магнитного потока необходимо воспользоваться временными зависимостями изменения фазных токов. Видно, что при *t*=0 ток *iA0*=0, ток , ток . В соответствии с этим магнитный поток фазы *А ФА*=0, а магнитные потоки фаз *В* и *С* равны по значению: . (*ФФm* - максимальное значение потока фазы). Так как ток *iB0* отрицателен, то магнитный поток *ФB* противоположен условному положительному направлению, показанному на рисунке. Ток *iС0* положительный, и поток *ФС* совпадает с условным положительным направлением.



Токи в рядом расположенных проводниках *В* и *Z* имеют одинаковое направление и создают единый магнитный поток, направление которого определяется по правилу "буравчика". Этот поток замыкается через статор и ротор, охватывая проводники *В* и Z (рисунок *а).* То же относится к токам, протекающим по проводам *С* и *Y*. Из рассмотрения картины магнитных линий суммарного потока *Ф* видно, что при *t*=0 он направлен по вертикали снизу вверх, а его значение в 1,5 раза больше максимального значения фазного потока:

.

Через *,* равное 1/12 периода, т.е. при *t1=Т/12,* значения токов в обмотках *iAl*=*iC1*=+0,5*IФm*, *iВ1*=-*IФm*. Этим значениям токов соответствуют значения, магнитных потоков фаз: *ФА*=*ФС*=0,5*ФФm*, *ФВ*=*ФФm*.

На рисунке *в* показаны действительные направления токов в проводах обмоток и магнитных потоков фаз и магнитные линии суммарного потока *Ф*.



Они охватывают провода Z, *В, X* и *A, Y, С* соответственно. Из рисунка видно, что магнитные линии суммарного потока повернуты на некоторый угол по часовой стрелке. Сложение магнитных потоков (рисунок *г)* показывает, что суммарный поток повернулся на 30°, что составляет 1/12 оборота. Значение суммарного потока не изменилось: .





Аналогичные построения сделаны на рисунках *д, е, ж, к* для моментов времени *t2* = Т/6 и *t3 =* Т/4 соответственно.

Выполненные для четырех моментов времени построения показывают, что суммарный магнитный поток, оставаясь постоянным по значению, вращается в пространстве машины с некоторой постоянной угловой скоростью. За период времени от *t0=*0до *t3*=Т/4, т.е. за четверть периода, поток повернулся на 90° (на четверть оборота). Следовательно, за один период поток сделает один оборот.

Таким образом, суммарный магнитный поток, созданный тремя пульсирующими магнитными потоками фаз, является *вращающимся.* Для получения такого магнитного потока необходимо, чтобы, во-первых, *фазные обмотки статора были сдвинуты в пространстве на некоторый угол,* и, во-вторых, *токи в фазных обмотках были сдвинуты по фазе на некоторый угол.* При невыполнении хотя бы одного из этих условий суммарный поток вращающимся не будет.

При анализе построений можно прийти к выводу, что направление суммарного магнитного потока всегда совпадает с направлением магнитного потока той фазы, ток в которой в данный момент максимален.

# ***Создание вращающего момента***

Созданный обмоткой статора вращающийся с частотой *п1* магнитный поток *Ф1*, замыкаясь через ротор, пересекает проводники обмотки ротора и индуцирует в них ЭДС (рисунок *а).*



Рассмотрим два проводника (*1* и *2)* обмотки ротора, расположенные диаметрально противоположно на осевой линии магнитного потока, вращающегося с частотой *п1.* Согласно правилу правой руки, ЭДС в проводнике *1* направлена "на читателя", а в проводнике *2 - "*от читателя".

Проводники обмотки ротора (как короткозамкнутого, так и фазного) образуют замкнутую цепь, и под действием ЭДС по ним протекает ток ротора, направление которого показано на рисунке *б.* Ток ротора создает магнитный поток ротора *Ф2*, направление которого определяется правилом "буравчика". Этот магнитный поток складывается с магнитным потоком статора *Ф1* и образует суммарный магнитный поток *Ф* (рисунок *в).* Суммарный магнитный поток, деформированный относительно проводника ротора, создает силу *F,* действующую на проводник, направление которой можно определить по правилу левой руки. Если рассматривать другие проводники обмотки ротора, то можно видеть, что на все проводники, расположенные под северным полюсом статора, действует сила *F,* аналогичная действующей на проводник *1*, а на проводники, расположенные под южным полюсом статора, - аналогичная действующей на проводник *2.* Образуется пара сил, под действием которой ротор вращается с некоторой частотой *п2.*

Направление вращения ротора совпадает с направлением вращения магнитного потока статора. Но частота вращения *п2* в режиме двигателя меньше *п1.* Если представить, что *п2=n1* то проводники ротора не будут пересекаться вращающимся магнитным потоком, в них не будет индуцироваться ЭДС, по ним не потечет ток, не будет магнитного потока ротора, а следовательно, сила *F,* действующая на проводники обмотки ротора, будет равна нулю. В таких условиях ротор сможет вращаться только по инерции. Но так как в реальном двигателе всегда имеются силы трения в подшипниках, трения вращающегося ротора о воздух, то ротор начнет тормозиться, т.е. получим *п2*<*п1.*

# ***Частота вращения магнитного потока статора и скольжение***

В рассмотренном ранее двигателе трехфазной системой токов статора создавался магнитный поток с одной парой полюсов (*р=*1). Этот магнитный поток за время одного периода *Т* совершал один оборот, т.е. поворачивался на угол, соответствующий одной паре полюсов.

Обмотка статора может быть уложена в пазы так, что пар полюсов будет две, три или больше (*р*=2, 3,.). В действительности число пазов всегда значительно больше и в каждом пазу находится много проводников, образующих большое число последовательно или параллельно соединенных витков.



Если рассмотреть развертку внутренней поверхности такого статора с проводниками, уложенными в пазах (рисунок *б*), схему соединения проводников обмотки и направление токов в них для момента времени *t3*, когда ток *iA* положительный, а токи *iв* и *ic* отрицательные, то видно, что направление тока в каждых трех соседних проводниках одинаково (тройки *3, 4, 5; 6, 7, 8; 9, 10, 11; 12, 1,2),* а созданный токами статора магнитный поток имеет две пары полюсов (*р* = 2).

За время одного периода магнитный поток двухполюсного двигателя повернется на половину оборота, так как одна пара полюсов занимает половину окружности статора. В общем случае, когда двигатель имеет *р* пар полюсов, магнитный поток совершит 1/*р* оборота за период *Т.* В каждую секунду имеем *f* периодов. Следовательно, магнитный поток совершит *f/p* оборотов в секунду. В технике принято определять частоту вращательного движения числом оборотов в минуту. Получаем выражение для частоты вращения магнитного потока статора в следующем виде:



Частота вращения магнитного потока зависит от частоты приложенного к обмоткам статора напряжения и числа пар полюсов, создаваемых обмоткой статора. В нормальных условиях эксплуатации электроустановок частота *f* поддерживается постоянной. Для двигателя число пар полюсов также постоянно. Поэтому частота вращения магнитного потока оказывается постоянной, а так как она определяется частотой напряжения сети, ее называют *синхронной частотой вращения.*

Большинство асинхронных двигателей работает при промышленной частоте *f*=50 Гц, которая постоянна. Поэтому для них существует шкала синхронных частот вращения, определяемых как



При *р,* равном 1, 2, 3, 4, 5, 6, частота *n1* соответственно равна 3000, 1500, 1000, 750, 600 и 500 об/мин.

Чтобы возникали сила *F* и вращающий момент, действующий на ротор, частота его вращения должна быть *п2<n1.* Степень отставания ротора от вращающегося магнитного потока называется *скольжением* асинхронного двигателя. Скольжение обозначают *s* и выражают в относительных единицах или в процентах:

 или 

Чем больше тормозной момент, создаваемый на валу двигателя, тем меньше частота вращения ротора *п2* и больше скольжение *s*. Именно потому, что частота вращения ротора изменяется с изменением нагрузки и не равна синхронной частоте, двигатель называется *асинхронным.*

В режиме двигателя скольжение *s* изменяется от 0 до 1. При пуске двигателя *п2=*0 и *s*=1. При номинальной нагрузке для современных двигателей *s*=0,03÷0,06=3÷6%. В паспорте двигателя указывают номинальную частоту вращения ротора, отличающуюся от синхронной на 3÷6%. По этим данным всегда легко определить число пар полюсов двигателя. Например, если *п2=*1450 об/мин, то, *n1*=1500 об/мин, *s*=3,3%, а *р*=2.

# ***Энергетическая диаграмма и КПД асинхронного двигателя***

Рассмотрим асинхронный двигатель, на валу которого имеется нагрузка и обмотка статора которого потребляет из сети электроэнергию мощностью *Р1=I1U1соsφ1*. На рисунке изображена полоса, ширина которой численно соответствует этой мощности. При токе статора *I1* происходит потеря мощности в проводах обмотки статора



затрачиваемая на нагрев обмотки. Созданный током статора магнитный поток (как вращающийся, так и рассеяния) обусловливает потери мощности *Рпс1* в стальном магнитопроводе статора. Все эти потери компенсируются источником электроэнергии за счет мощности *Р1*. Оставшаяся часть электрической мощности посредством вращающегося магнитного потока передается со статора на ротор:



Электромагнитная мощность *Рэм* определяется током и ЭДС ротора. Ток в роторе обусловливает также потери мощности на нагрев его обмоток:





Так как частота вращения ротора *п2* мало отличается от *n1* потери мощности в стальном магнитопроводе ротора в режиме двигателя очень малы и ими обычно пренебрегают. Поэтому на энергетической диаграмме эти потери мощности не изображены. Та часть электромагнитной мощности, которая остается после компенсации потерь на нагрев обмоток ротора, преобразуется в механическую мощность *Рмех*, под действием которой ротор асинхронного двигателя вращается. При вращении возникают механические потери мощности *Рп. мех*, обусловленные трением в подшипниках, трением щеток о кольца (у двигателя с фазным ротором), потерями на вентиляцию.

Полезную механическую мощность на валу двигателя указывают в паспорте асинхронного двигателя.



Коэффициент полезного действия двигателя



Максимального значения КПД двигателя (как и в трансформаторе) достигает при нагрузке, близкой к номинальной. Двигатели малой и средней мощности имеют номинальный КПД пределах 70÷90%, двигатели большой мощности имеют КПД ~94÷96%.

# ***Характеристики асинхронного двигателя***

Механической характеристикой называется зависимость частоты вращения двигателя от вращающего момента *п2*=*f (M)* при *U1*=const. Ее можно построить, используя зависимость *М*=*f (s)* и соотношение между *п2* и *s*. Из формулы  получаем, что *п2*= (1-*s*) *n1*=*п1*-*n1s*, откуда видно, что частота вращения ротора *п2* и скольжение *s* являются линейно зависимыми величинами (при *п1*=const). При s=1 *п2=*0, апри s=0 *п2*=*n1*. Следовательно, точке *s*=1 на оси абсцисс соответствует точка *n*2=0, т.е. начало оси для частоты вращения. Увеличению частоты вращения *п2* соответствует направление оси абсцисс справа налево. Совместив начала осей для момента *М* и частоты *п2* и повернув оси на угол 90° по часовой стрелке, получим механическую характеристику асинхронного двигателя (рисунок а).



На ней можно отметить: максимальный момент *Мтах:* пусковой момент *Мп (*при пуске двигателя, т.е. при *п2=*0); номинальный момент *Mном*, соответствующий номинальному режиму работы двигателя (ему соответствует номинальная частота вращения ротора *п2ном,* указываемая в паспорте двигателя).

Чтобы двигатель начал вращаться под нагрузкой, необходимо, чтобы его пусковой момент был больше пускового момента приводимого во вращение механизма. Двигатель разгоняется в соответствии с механической характеристикой: разгон начинается с точки с, затем проходится точка *b* и двигатель оказывается в установившемся режиме, т.е. вращается с частотой *n2* на участке *a-b* в точке, соответствующей условию *М*=*Мт* (где Мт - тормозной момент). Таким образом, точки характеристики на участке *b-с* соответствуют разгону, а рабочим участком является участок *a-b,* на котором при изменении вращающего момента от 0 до *Мmах* частота вращения двигателя меняется мало. Такая механическая характеристика называется *жесткой характеристикой.*



Устойчивая работа двигателя, т.е. работа при *n2=*const, возможна только на участке *а-b.* Допустим, что в исходном режиме двигатель работает в точке *а'* механической характеристики, т.е. имеет частоту вращения  и развивает вращающий момент *M’.* Если при этом увеличивается тормозной момент от до *,* то возникает неравенство моментов: *М'*<*Мт”.* Так как тормозной момент больше вращающего, ротор двигателя начинает тормозиться, увеличиваются скольжение, ЭДС и ток ротора, а следовательно, и вращающий момент двигателя. Замедление ротора продолжается до тех пор, пока не наступит равенство моментов: *М"=М"т.* При этом устанавливается постоянная частота вращения  (*).* Этим значениям соответствует точка *а".* При уменьшении тормозного момента рассматриваемые величины изменяются в обратном порядке. Таким образом, как бы ни изменялся тормозной момент, в пределах участка *а-b* двигатель может так изменить вращающий момент, что условие его устойчивой работы всегда сохраняется. В этом заключается свойство *внутреннего саморегулирования* асинхронного двигателя.

Когда тормозной момент становится равным максимальному, вращающий момент начинает уменьшаться и равенство *М=МТ* становится невозможным - двигатель останавливается. Поэтому максимальный момент называют также *опрокидывающим моментом.* По значению отношения максимального момента к номинальному (*Мтах/Мном=γ)* судят о *перегрузочной способности* двигателя. У асинхронных двигателей *γ*=1,7÷2,5. Для устойчивой работы двигателя нельзя допускать *γ*<1,7.

Двигателю с фазным ротором соответствует семейство механических характеристик (рисунок *б).* Обычно работа двигателя соответствует зависимости с *Rд’*=0. Эта характеристика аналогична характеристике двигателя с короткозамкнутым ротором и называется *естественной.*

**Рабочие характеристики**. Изменение различных электрических и механических параметров двигателя в нормальном режиме описывается рабочими характеристиками, под которыми понимают зависимости *n2*, *s, М2, I1,* cos*φ*, *η* от мощности *Р2* на валу двигателя при *U1*=const и *f*=const.



Из механической характеристики видно, что в диапазоне изменения нагрузки от нуля до *Мном* частота вращения двигателя *п2* меняется мало. Так как нагрузку двигателя можно оценивать как тормозным моментом, так и механической мощностью *Р2,* то можно сказать, что частота вращения *п2* меняется мало при изменении *Р2* от нуля до номинального значения *Р2ном*.

Скольжение *s* ротора связано с *п2* следующим образом:

*s*= (*n1-п2) /п1*=1-*n2/n1*/

При холостом ходе двигателя (*Р2*=0) *п2≈n1* и скольжение *s* мало отличается от нуля (*s*>0). С увеличением *Р2* частота вращения *n2* несколько уменьшается, а скольжение - увеличивается.

Тормозной момент на валу двигателя *М2=P2*/ *(2πп2).* Так как с увеличением *Р2* частота вращения ротора *n2* несколько уменьшается, то зависимость *М (Р2)* несколько отклоняется от линейной. Электромагнитный вращающий момент *М* больше момента нагрузки *М2* на значение момента холостого хода *М0.*

Ток статора *I1* определяется по формуле  и имеет две составляющие: постоянную *I*0 и переменную *I*2, зависящую от нагрузки. При холостом ходе можно считать *I*2=0 и *I1*=*I*0, т.е. ток статора равен току холостого хода, значение которого у асинхронных двигателей достигает 40-60% от номинального значения *I1*ном. При увеличении мощности *Р2* увеличиваются ток *I*2’ и ток *I1*.

Так как при холостом ходе *I1*=*I*0 и его основной составляющей является намагничивающая, совпадающая по фазе с магнитным потоком, коэффициент мощности *cosφ10* асинхронных двигателей очень мал (0,15-0,2). С увеличением нагрузки ток статора все в большей степени определяется активной составляющей тока ротора и cos*φ1* увеличивается*.*

Характеристика *η (Р2)* имеет вид, типичный для электрических машин. Сначала КПД резко увеличивается начиная от нуля, а затем меняется мало.

# ***Литература***

1. Физика. 11 класс: Учебник для школ и классов с углубленным изучением физики; Под ред.А. А. Пинского, М-во образования РФ. - М.: Просвещение, 2003. - 432 с. - Заключ.: с.416. - Предметно-именной указ.: с.427-4

2. Англо-русский словарь по электротехнике и электроэнергетике: С указателем русских терминов: Около 45 000 терминов. - М.: РУССО, 2003. - 616 с.

. Электрические машины: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по спец. "Электротехника"; Рец. Е.П. Рудобаба, М-во образования РФ. - М.: Высшая школа, 2003. - 470 с. - Библиогр.: с.456. - Предметный указ.: с.457-462

. Электротехника: Основные положения, примеры и задачи: Учебное пособие для студентов вузов по дисциплине "Электротехника". - СПб.: Лань, 2002. - 192 с. - Библиогр.: с.188

. Электротехника: Учебное пособие для студентов физических и индустриально-педагогических факультетов педагогических институтов и университетов; Аблин А.Н., Ушаков М.А., Фестинатов Г.С., Хотунцев Ю. Л.; Под ред. Ю.Л. Хотунцева. - М.: Агар, 2002. - 432 с.

. Основы теории цепей: учебное пособие для студентов, бакалавров и аспирантов вузов (ун-тов связи), инженерно-технических работников; рец.: И.Н. Добротворский и др., УМО вузов России по. - М.: РадиоСофт, 2002. - 288 с. - Заключ.: с.280. - Предметный указ.: с.281-283

. Метрология, стандартизация и технические измерения: Лабораторный практикум для студентов специальностей 110300, 110500, 110700 и 330200; А.М. Беленький и др.; Каф. теплофизики и экологии металлургического производства МИСиС. - М.: МИСиС, 2001. - 89 с. - Библиогр. в конце лаб. работ.