**3. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ (АМ)**

**Основные понятия и определения**

*Асинхронными* называют машины переменного тока, при работе которых возбуждается вращающееся магнитное поле, но скорость вращения поля отличается от скорости вращения ротора. Асинхронные машины обладают свойством обратимости, т.е. могут работать как в режиме двигателя, так и в режиме генератора, однако, в режиме двигателя АМ имеют лучшие рабочие характеристики, поэтому в основном используются в качестве двигателей (АД).

Благодаря простоте и надежности конструкции, АД нашли широкое применение в различных областях промышленности и сельского хозяйства. Их используют в электроприводе металлорежущих станков, подъёмно-транспортных машин, транспортёров, насосов, вентиляторов. Маломощные двигатели используются в устройствах автоматики.

*Устройство АМ*

Неподвижная часть машины называется *статор*, подвижная – *ротор*. Сердечник статора набирается из круглых листов электротехнической стали со штампованными пазами. В пазы закладывается *трёхфазная обмотка* (3). Обмотка статора выполняется в основном из изолированного медного провода круглого или прямоугольного сечения, реже – из алюминия.

Обмотка статора состоит из трёх отдельных частей, называемых *фазами*. Начала фаз обозначаются буквами с1, с2, с3, концы – с4, с5, с6.

Обмотка статора может быть соединена по схеме звезда или треугольник в зависимости от линейного напряжения сети и паспортных данных двигателя. В паспорте трёхфазного двигателя задаются линейные напряжения сети и схема соединения обмотки статора. Например, 660/380, Y/∆. Данный двигатель можно включать в сеть с *U*л=660В по схеме звезда или в сеть с *U*л=380В – по схеме треугольник.

Основное назначение обмотки статора – создание в машине вращающего магнитного поля.

*Сердечник ротора* набирается из листов электротехнической стали, на внешней стороне которых имеются пазы, в которые закладывается обмотка ротора. Обмотка ротора бывает двух видов: *короткозамкнутая и фазная*. Соответственно этому асинхронные двигатели бывают с короткозамкнутым ротором и фазным ротором (с контактными кольцами). В пазы сердечника короткозамкнутого ротора укладывают стержневую обмотку или заливают расплавленный алюминий. Кольца-перемычки накоротко замыкают обмотку ротора по концам (отсюда и название - короткозамкнутый). Жесткая система стержней с кольцами называется «беличья клетка». В отличие от короткозамкнутого ротора, в пазах фазного ротора размещают обмотку, выполненную по типу обмотки статора. Концы обмотки подводят к контактным кольцам, укреплённым на валу. По кольцам скользят щетки, соединяя обмотку с пусковым или регулировочным реостатом. Асинхронные электродвигатели с фазным ротором являются более дорогостоящими устройствами, требуют квалифицированного обслуживания, менее надёжны, а потому применяются только в тех отраслях производства, в которых без них обойтись нельзя. Их использование обосновано в следующих случаях:

когда двигатели с короткозамкнутым ротором неприемлемы по условиям регулирования частоты вращения;

когда статический момент сопротивления на валу при пуске  велик и поэтому асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором с пуском при пониженном напряжении неприемлем, а прямой пуск такого двигателя недопустим по условиям воздействия больших пусковых токов на сеть;

когда приводимые в движение массы настолько велики, что выделяемая во вторичной цепи двигателя тепловая энергия вызывает недопустимый нагрев короткозамкнутой обмотки ротора.

На рисунке 3.1 приведен вид асинхронной машины с короткозамкнутым ротором (КЗР): 1 – станина, 2 – сердечник статора, 3 – обмотка статора, 4 – сердечник ротора с короткозамкнутой обмоткой, 5 – вал.

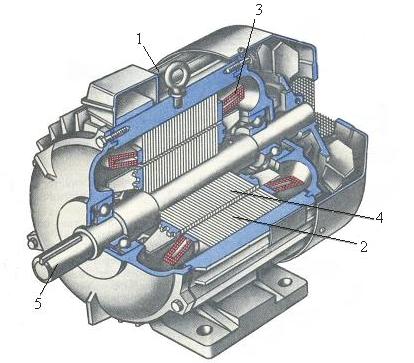


Рис. 3.1 устройство АД с КЗР

*Число пар полюсов АД*

У асинхронного двигателя число пар полюсов определяется по формуле

Для частоты f = 50 Герц число полюсов соответствует синхронной частоте.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *p* | 1 | 2 | 3 | 4 |
| *n0* | 3000 | 1500 | 1000 | 750 |

Конструктивно число полюсов АД формируется исключительно схемой обмотки статора - числом пазов в статоре и количеством слоев в пазу. У трехфазного АД число пазов в статоре всегда кратно 6. Визуально для трехфазного двигателя число пар полюсов определяется так - достаточно подсчитать число пазов на статоре, поделить на три (фазы) , затем на 2 (пары полюсов) и на число катушечных групп (количества обмоток соединенных последовательно и параллельно - для этого необходимо знать схему обмотки) Переключение схем обмоток позволяет изменять число пар полюсов и скорость двигателя. В последние годы разработаны схемы обмоток, дающие возможность путем переключения катушечных групп изменять числа полюсов. Особенность этих схем заключается в специфической компоновке катушечных групп из разновитковых катушек, при которой изменение точек подсоединения обмотки к питающей сети приводит не только к изменению полярности отдельных катушечных групп, но и к переключению групп между фазами или даже к отключению отдельных катушек. При переключениях изменяется и амплитуда МДС обмотки при разных числах полюсов, поэтому такой метод построения схем называют полюсно-амплитудной модуляцией (ПАМ) . Для трехскоростных и четырехскоростных асинхронных двигателей используют оба принципа изменения числа полюсов: устанавливают две независимые обмотки, каждая из которых (в четырехскоростных) или одна из них (в трехскоростных двигателях) выполняется полюснопереключаемой.

*Принцип действия АД*

Преобразование электрической энергии в механическую в трехфазном асинхронном двигателе осуществляется посредством вращающегося магнитного поля, для возбуждения которого фазы статорной обмотки смещают в пространстве угол 1200 и подключают к сети трехфазного переменного тока. При включении двигателя в трехфазную сеть в обмотке статора протекают токи одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутые по фазе относительно друг друга на 1/3 периода. Токи фаз обмотки создают магнитное поле, вращающееся относительно статора с частотой n0, об/мин, которая называется синхронной частотой вращения двигателя. Вращаясь, поле пересекает проводники обмотки ротора, наводя в них ЭДС. При замкнутой обмотке ротора ЭДС вызывает токи, взаимодействие которых с вращающимся магнитным полем вызывает вращающий электромагнитный момент. Частота вращения ротора *n* в двигательном режиме асинхронной машины всегда меньше частоты вращения поля, т.е. ротор «отстает» от вращающегося поля. В противном случае в проводниках ротора не будет наводиться ЭДС, следовательно, не будет протекать ток и не возникнет вращающий момент. Относительная разность скоростей ротора и магнитного поля называется скольжением *s*.

*Механическая характеристика АД*

Под механической характеристикой принято понимать зависимость частоты вращения ротора в функции от электромагнитного момента *n*=*f*(*M*).

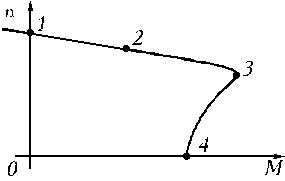


Рис. 3.2

Участок 1-3 соответствует устойчивой работе, участок 3-4 – неустойчивой работе.

1 - идеальный холостой ход двигателя, когда *n*=*n*0.

2 - номинальный режим

работы двигателя

3 - соответствует критическому моменту *M*кр и критической частоте вращения *n*кр.

4 - соответствует пусковому моменту двигателя *M*пуск

*Способы пуска АД*

Основными характеристиками пуска являются величина пускового момента и величина пускового тока.

Ротор двигателя придет во вращение и достигнет номинальной частоты вращения, если развиваемый двигателем пусковой момент будет больше момента сопротивления на валу, создаваемого приводимым механизмом. При пуске ряда механизмов (шаровых мельниц, компрессоров и т. д.) требуется значительный пусковой момент, равный номинальному или превышающий его. Пусковой ток необходимо ограничить значением, не опасным для нормального режима работы сети, механической и термической прочности основных элементов двигателя. Схема пуска должна быть по возможности простой, а число и стоимость пусковых устройств минимальными.

Наиболее простым способом пуска двигателя с короткозамкнутым ротором является включение обмотки его статора непосредственно в сеть, на номинальное напряжение обмотки статора. Такой способ пуска называют *прямым пуском*. Двигатели обычно пускают с помощью электромагнитного выключателя.

Недостатком данного способа пуска является сравнительно небольшой пусковой момент при значительном броске пускового тока. При электрических сетях сравнительно небольшой мощности такой бросок тока может вызвать значительное понижение напряжения, нежелательное для других потребителей.

Современные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором проектируют с таким расчетом, чтобы они по значению возникающих электродинамических усилий, действующих на обмотки, и по условиям нагрева обмоток допускали прямой пуск.

Величину пусковых токов можно уменьшить за счет изменения конструкции роторных обмоток, включения в сеть ротора добавочных сопротивлений, снижения напряжения питающей сети. Первые два способа, уменьшая пусковые токи, сохраняют достаточно высокие значения пусковых моментов. Применение третьего способа неизбежно приводит к уменьшению пускового и критического моментов, зависящих от второй степени питающего напряжения.

Если по условиям падения напряжения в сети прямой пуск двигателя с короткозамкнутым ротором невозможен, применяют различные способы пуска при пониженном напряжении. Способы пуска применяют для высоковольтных двигателей большой мощности при их пуске на холостом ходу или при незначительной нагрузке.

*Автотрансформаторный пуск*осуществляют подключением двигателя к сети через понижающий автотрансформатор.

*Пуск двигателей переключением «звезда − треугольник»* возможен в двигателях (при выведенных всех шести концах обмотки статора), предназначенных работать по схеме соединения обмоток статора в «треугольник» и приводящих в ход механизмы с малыми пусковыми моментами.

Если на период пуска обмотку статора переключить на схему «звезда», а питающее напряжение оставить тем же, что и при схеме «треугольник», то напряжение на фазу уменьшится в . В  уменьшится и фазный ток, а электромагнитный момент – в три раза, так как . В период пуска уменьшится в три раза (по сравнению со схемой «треугольник») и линейный ток. Работа двигателей в схеме «звезда» выгодна для нагрузок, не превышающих 40−50 % от номинальной: КПД и коэффициент мощности заметно повышаются.

Для двигателей с фазным ротором применяют *реостатный* способ пуска.

Включение в цепь фазного ротора добавочного активного сопротивления в виде пускового реостата не только снижает пусковые токи, но и увеличивает пусковой момент. В конце пуска пусковой реостат полностью выводят, обмотка ротора замыкается накоротко, и двигатель переходит на работу по естественной характеристике, разгоняясь до частоты вращения, соответствующей моменту нагрузки на валу двигателя. Ток статорной обмотки и частота вращения достигают установившихся значений, соответствующих моменту на валу двигателя.

### *Регулирование частоты вращения АД*

Частота вращения АД определяется по формуле:



Скорость вращения двигателей с короткозамкнутым ротором регулируется следующими способами:

1.*Изменением частоты* ***f***  питающего напряжения. Для этого необходимо иметь автономный источник питания АД. Система получается довольно громоздкой. В последнее время всё чаще применяются полупроводниковые преобразователи частоты (тиристоры). Частное регулирование - это плавное регулирование.

2.*Изменением числа пар полюсов*. Выпускаются двигатели с короткозамкнутым ротором, допускающие пересоединение катушек в одной из фаз - это многоскоростные АД позволяют регулировать скорость вращения ротора ступенчато. Такое регулирование скорости экономично.

3.*Изменением скольжения.* Этот способ применяется для АД с фазным ротором. Регулирование осуществляется при помощи регулировочных реостатов, подключаемых к обмотке ротора через щётки и контактные кольца

4.*Изменением напряжения.*

Вращающий момент АД пропорционален квадрату питающего напряжения, поэтому меняя напряжение можно изменить частоту вращения двигателя. Диапазон регулирования частоты вращения этим способом очень мал. Для изменения напряжения на обмотке статора АД можно использовать автотрансформаторы, магнитные усилители, тиристорные регуляторы напряжения.

*Реверсирование АД*

Реверсирование – изменение направления вращения. Т.к. ротор асинхронного двигателя вращается в ту же сторону, что и магнитное поле, для изменения направления вращения ротора необходимо изменить направление вращения магнитного поля. Для этого достаточно поменять местами два линейных провода трехфазной обмотки.

**Основные формулы для решения задач**

Магнитный поток на полюс

*, Вб*

где - среднее значение магнитной индукции, Тл

- полюсное деление

*l –*ширина пакета магнитопровода статора

ЭДС в фазных обмотках статора и неподвижного ротора

*E1 =4,44 fk1 w1Фmax;; E2 =4,44 f k2 w2Фmax*

*w1* и*w2*– число витков обмотки статора и ротора соответственно

k1  и k2 – обмоточные коэффициенты

Коэффициент трансформации

*k= w1 k1 / w2 k2*

ЭДС вращающегося ротора

*E2 =4,44 f sном k2 w2Фmax*

Номинальное скольжение *s*ном

,

где - частота вращения магнитного поля , об/мин;

*nном* – номинальная частота вращения ротора, об/мин;

*n = n0(1 - s)*

,

*f* – частота питающего напряжения, Гц; *p* – число пар полюсов,

Угловая скорость вращения магнитного поля , с-1

Угловая скорость вращения ротора, с-1

Частота ЭДС. и тока в обмотке вращающегося ротора

*f р= fs*,

Мощность, потребляемая двигателем

P1ном = Pном/η,

где *Pном* , Вт – номинальная мощность

η - КПД двигателя,

,

где Σ- мощность потерь в двигателе,

механическая мощность на валу

Электромагнитный момент, развиваемый асинхронным двигателем

*M*=*C*м Фm *I*р *cosφ*.р,

где Cм – коэффициент, зависящий о конструктивных особенностей машины

Номинальный момент , Н·м

, если Pном  в кВт,

, если Pном  в Вт

Максимальный момент

,

где *R* – активное сопротивление фазной обмотки статора

*X*к – индуктивное сопротивление двигателя

Формула Клосса (для построения механической характеристики)

Критическое скольжение

,

где λ – коэффициент перегрузки по моменту

При подключении реостата к фазному ротору асинхронного двигателя, критическое скольжение можно определить по формуле:

Где R2 - активное сопротивления обмотки ротора, Ом ;

Rд – добавочное сопротивление реостата, Ом

**Задача 3.1** Частота вращения ротора асинхронного двигателя *n*, об/мин, частота питающего напряжения *f*=50 Гц. Определить число пар полюсов *p*, скольжение s, и частоту тока в обмотке вращающегося ротора *f р.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| n, об/мин | 570 | 730 | 980 | 1450 | 2970 | 1470 | 970 | 740 | 580 | 2980 |
| вариант | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| n, об/мин | 720 | 960 | 1480 | 2990 | 560 | 955 | 590 | 740 | 2890 | 2900 |

**Задача 3.2**

Для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором известно: номинальные напряжение *U*ном, мощность Pном, скольжение sном,% ; коэффициент перегрузки по моменту λ, отношения , . Определить потребляемую двигателем мощность, номинальный, максимальный и пусковой моменты; номинальный и пусковой токи; номинальной и критическое скольжение . По формуле Клосса построить механическую характеристику для значений скольжения s = 0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; sном; sкр.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | *U*ном, В | *P*ном, кВт | *s*ном,% | *cosφ* | λ |  |  |  |
| n0 = 3000 об/ мин | | | | | | | | |
| 1 | 220 | 10 | 2 | 0,85 | 2 | 1,1 | 5 | 0,86 |
| 2 | 220 | 15 | 2 | 0,85 | 2 | 1,2 | 7 | 0,86 |
| 3 | 220 | 20 | 2 | 0,87 | 2 | 1,3 | 5 | 0,87 |
| 4 | 220 | 30 | 3 | 0,87 | 2 | 1,4 | 6 | 0,88 |
| 5 | 220 | 40 | 3 | 0,88 | 2 | 1,5 | 6 | 0,885 |
| 6 | 220 | 25 | 3 | 0,9 | 2 | 1,6 | 6 | 0,89 |
| 7 | 380 | 40 | 4 | 0,85 | 2 | 1,7 | 6 | 0,9 |
| 8 | 380 | 50 | 4 | 0,87 | 2 | 1,1 | 7 | 0,86 |
| 9 | 380 | 60 | 4 | 0,87 | 2 | 1,2 | 7 | 0,86 |
| 10 | 380 | 70 | 5 | 0,88 | 2 | 1,3 | 7 | 0,87 |
| n0 = 1500 об/ мин | | | | | | | | |
| 11 | 380 | 45 | 5 | 0,9 | 2 | 1,4 | 5,5 | 0,88 |
| 12 | 380 | 55 | 5 | 0,85 | 2,2 | 1,5 | 5,5 | 0,885 |
| 13 | 380 | 35 | 3,5 | 0,87 | 2,2 | 1,6 | 6,5 | 0,89 |
| 14 | 380 | 30 | 3,5 | 0,87 | 2,2 | 1,7 | 6,5 | 0,9 |
| 15 | 220 | 8 | 3,5 | 0,88 | 2,2 | 1,1 | 7 | 0,86 |
| 16 | 220 | 6 | 3,5 | 0,9 | 2,2 | 1,5 | 7 | 0,86 |
| 17 | 220 | 12 | 2,5 | 0,9 | 2,2 | 1,6 | 5,5 | 0,87 |
| 18 | 220 | 17 | 2.5 | 0,9 | 2,2 | 1,7 | 5,5 | 0,88 |
| 19 | 220 | 22 | 2,5 | 0,85 | 2,2 | 1,1 | 6,5 | 0,885 |
| 20 | 220 | 5 | 2.5 | 0,85 | 2,2 | 1,2 | 6,5 | 0,89 |

**Задача 3.3** Определить КПД трехфазного АД. Известно: линейное напряжение сети Uл, В; ток в обмотке статора Iст, А, коэффициент мощности cosφ, мощность суммарных потерь пот,Вт..

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | Uл, В | Iст, А | cosφ | пот,Вт | вариант | Uл, В | Iст, А | cosφ | пот,Вт |
| 1 | 380 | 22 | 0,78 | 1000 | 11 | 380 | 29 | 0,85 | 920 |
| 2 | 220 | 24 | 0,8 | 900 | 12 | 220 | 20 | 0,87 | 1050 |
| 3 | 380 | 30 | 0,82 | 800 | 15 | 380 | 34 | 0,75 | 870 |
| 4 | 220 | 26 | 0,85 | 1200 | 14 | 220 | 22 | 0,83 | 1130 |
| 5 | 380 | 35 | 0,87 | 1100 | 15 | 380 | 31 | 0,87 | 930 |
| 6 | 220 | 25 | 0,75 | 1150 | 16 | 220 | 21 | 0,78 | 1250 |
| 7 | 380 | 32 | 0,83 | 950 | 17 | 380 | 27 | 0,8 | 960 |
| 8 | 220 | 28 | 0,87 | 1300 | 18 | 220 | 18 | 0,82 | 1080 |
| 9 | 380 | 33 | 0,78 | 850 | 19 | 380 | 30 | 0,85 | 1010 |
| 10 | 220 | 23 | 0,82 | 980 | 20 | 220 | 19 | 0,87 | 920 |

**Задача 3.4** Для трехфазного АД известно: число полюсов 2р, частота напряжения сети *f* = 50 Гц, вращающий момент Мвр, Н·м, скольжение s, %, мощность суммарных потерь пот, кВт. Найти КПД.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | 2р | Мвр, Н·м | s, % | пот,кВт | вариант | 2р | Мвр, Н·м | s, % | пот,кВт |
| 1 | 1 | 58 | 8 | 1,5 | 11 | 3 | 56 | 5 | 0,92 |
| 2 | 2 | 60 | 5 | 0,9 | 12 | 4 | 61 | 2 | 1,05 |
| 3 | 3 | 62 | 2 | 0,8 | 15 | 1 | 65 | 4 | 0,87 |
| 4 | 4 | 63 | 4 | 1,2 | 14 | 2 | 72 | 8 | 1,13 |
| 5 | 1 | 55 | 7 | 1,1 | 15 | 3 | 59 | 5 | 0,93 |
| 6 | 2 | 60 | 3 | 1,15 | 16 | 4 | 58 | 2 | 1,25 |
| 7 | 3 | 63 | 6 | 0,95 | 17 | 1 | 64 | 4 | 0,96 |
| 8 | 4 | 70 | 2 | 1,3 | 18 | 2 | 67 | 7 | 1,08 |
| 9 | 1 | 68 | 4 | 0,85 | 19 | 3 | 59 | 3 | 1,01 |
| 10 | 2 | 71 | 7 | 0,98 | 20 | 4 | 54 | 6 | 0,92 |

**Задача 3.5** Определить коэффициент трансформации; действующие значения ЭДС в фазах статора, неподвижного и вращающегося ротора асинхронного двигателя, если известно: частота напряжения сети *f* = 50 Гц; амплитудное значение магнитного потока ; скольжение s, %, число витков обмотки статора и ротора *w1* и*w2*; обмоточные коэффициенты k1  = 0,94 и k2 = 0,96;

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | *w1* | *w2* | s, % |  | вариант | *w1* | *w2* | s, % |  |
| 1 | 180 | 20 | 8 | 0,02 | 11 | 160 | 20 | 5 | 0,014 |
| 2 | 220 | 15 | 5 | 0,025 | 12 | 170 | 10 | 2 | 0,021 |
| 3 | 210 | 10 | 2 | 0,018 | 15 | 180 | 15 | 4 | 0,017 |
| 4 | 200 | 20 | 4 | 0,022 | 14 | 190 | 25 | 8 | 0,02 |
| 5 | 190 | 20 | 7 | 0,015 | 15 | 200 | 20 | 5 | 0,025 |
| 6 | 170 | 10 | 3 | 0,01 | 16 | 210 | 20 | 2 | 0,018 |
| 7 | 230 | 15 | 6 | 0,012 | 17 | 220 | 20 | 4 | 0,022 |
| 8 | 250 | 25 | 2 | 0,014 | 18 | 175 | 15 | 7 | 0,015 |
| 9 | 185 | 15 | 4 | 0,021 | 19 | 165 | 10 | 3 | 0,01 |
| 10 | 195 | 20 | 7 | 0,017 | 20 | 190 | 20 | 6 | 0,012 |

**Задача 3.6** Для асинхронного двигателя с фазным ротором определить сопротивление пускового реостата, если известно: номинальное скольжение sном, коэффициент перегрузки по моменту λ =2,2; активное сопротивление фазы обмотки ротора R2,Ом и критическое скольжение при подключенном реостате .

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| вариант | sном, | . | R2, Ом | вариант | sном, | . | R2, Ом |
| 1 | 0,02 | 0,7 | 0,02 | 11 | 0,06 | 0,75 | 0,0178 |
| 2 | 0,03 | 0,8 | 0,018 | 12 | 0,07 | 0,8 | 0,0183 |
| 3 | 0,04 | 0,85 | 0,019 | 13 | 0,08 | 0,85 | 0,0192 |
| 4 | 0,05 | 0,85 | 0,022 | 14 | 0,02 | 0,65 | 0,024 |
| 5 | 0,06 | 0,9 | 0,0175 | 15 | 0,03 | 0,7 | 0,0188 |
| 6 | 0,07 | 0,95 | 0,0195 | 16 | 0,04 | 0,75 | 0,0191 |
| 7 | 0,08 | 0,95 | 0,021 | 17 | 0,05 | 0,77 | 0,0187 |
| 8 | 0,02 | 0,6 | 0,0185 | 18 | 0,06 | 0,8 | 0,0194 |
| 9 | 0,04 | 0,65 | 0,0197 | 19 | 0,07 | 0,82 | 0,0196 |
| 10 | 0,05 | 0,7 | 0,0186 | 20 | 0,08 | 0,9 | 0,0198 |

Контрольные вопросы

1. Какие электрические машины называются асинхронными?
2. Устройство асинхронной машины с КЗР.
3. Устройство асинхронной машины с ФР.
4. Способы соединения обмоток статора.
5. Принцип действия АД.
6. Дайте определение понятию «скольжение»
7. Число пар полюсов АМ.
8. Способы пуска АД.
9. Регулирование частоты вращения АД
10. Реверсирование АД