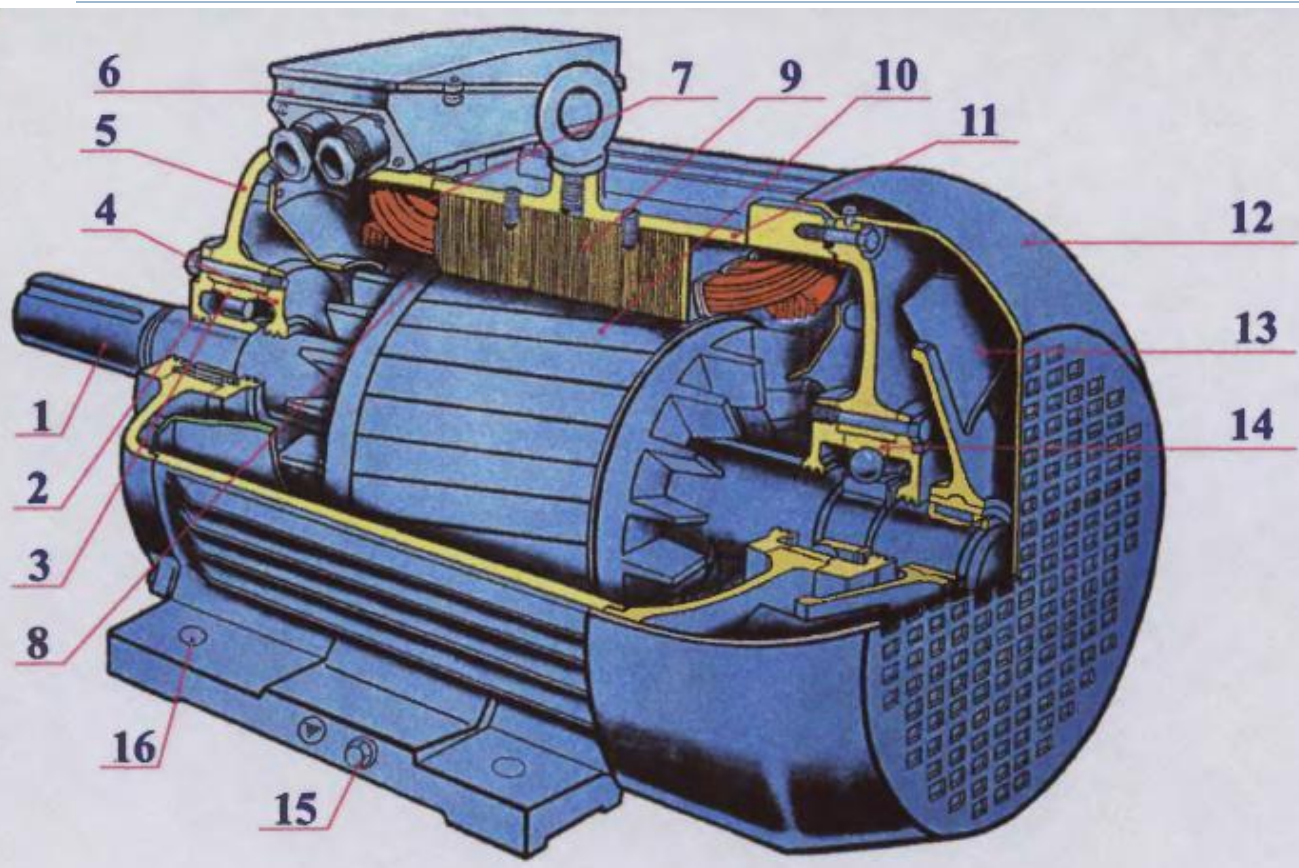


Асинхронные машины

ЛЕКЦИЯ 1

Конструкция и принцип действия

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (IP44)



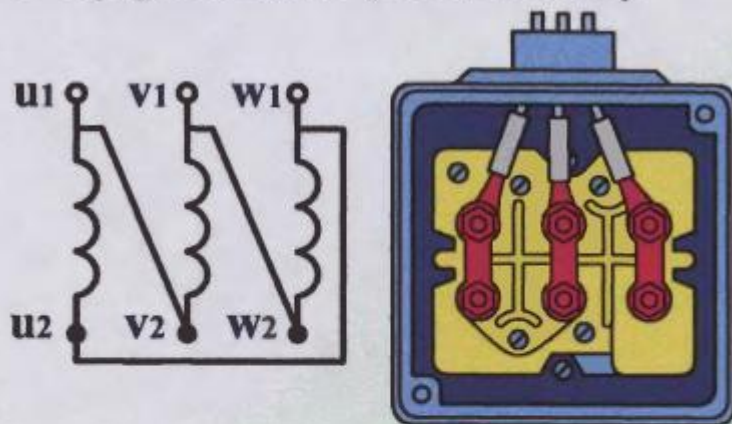
- 1 - вал
- 2 - наружная крышка подшипника
- 3 - роликовый подшипник
- 4 - внутренняя крышка подшипника
- 5 - подшипниковый щит
- 6 - коробка выводов
- 7 - обмотка статора
- 8 - обмотка ротора
- 9 - сердечник статора
- 10 - сердечник ротора

- 11 - корпус электродвигателя
- 12 - кожух вентилятора
- 13 - вентилятор

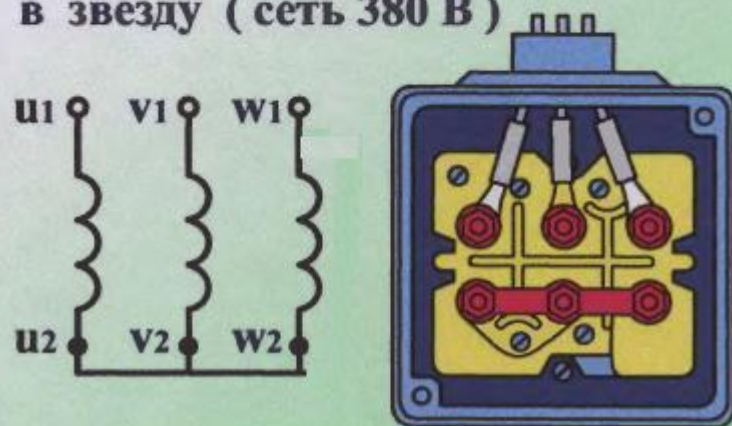
- 14 - шариковый подшипник
- 15 - болт заземления
- 16 - отверстия для болта крепления двигателя

Схемы соединения обмоток статора

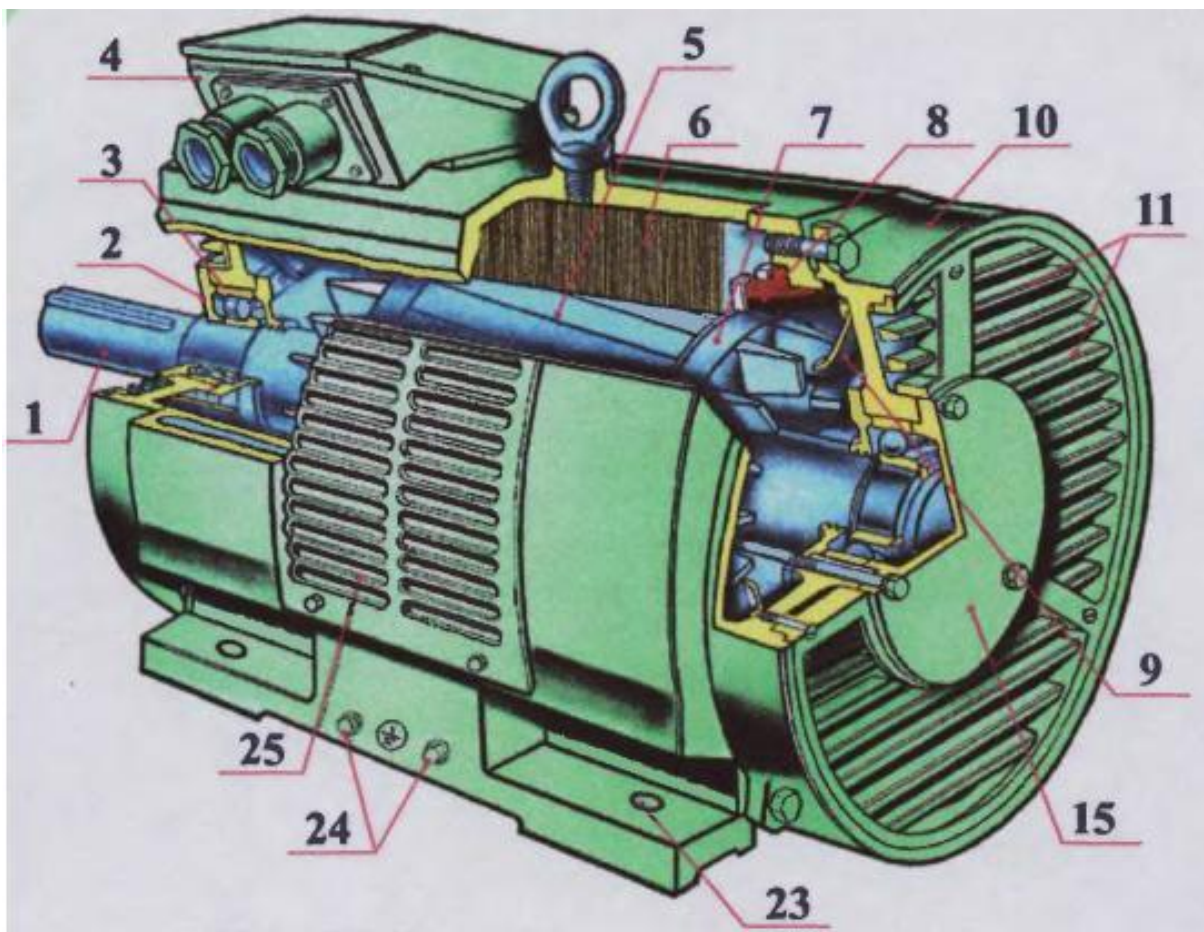
**Схема соединения обмоток
в треугольник (сеть 220 В)**



**Схема соединения обмоток
в звезду (сеть 380 В)**

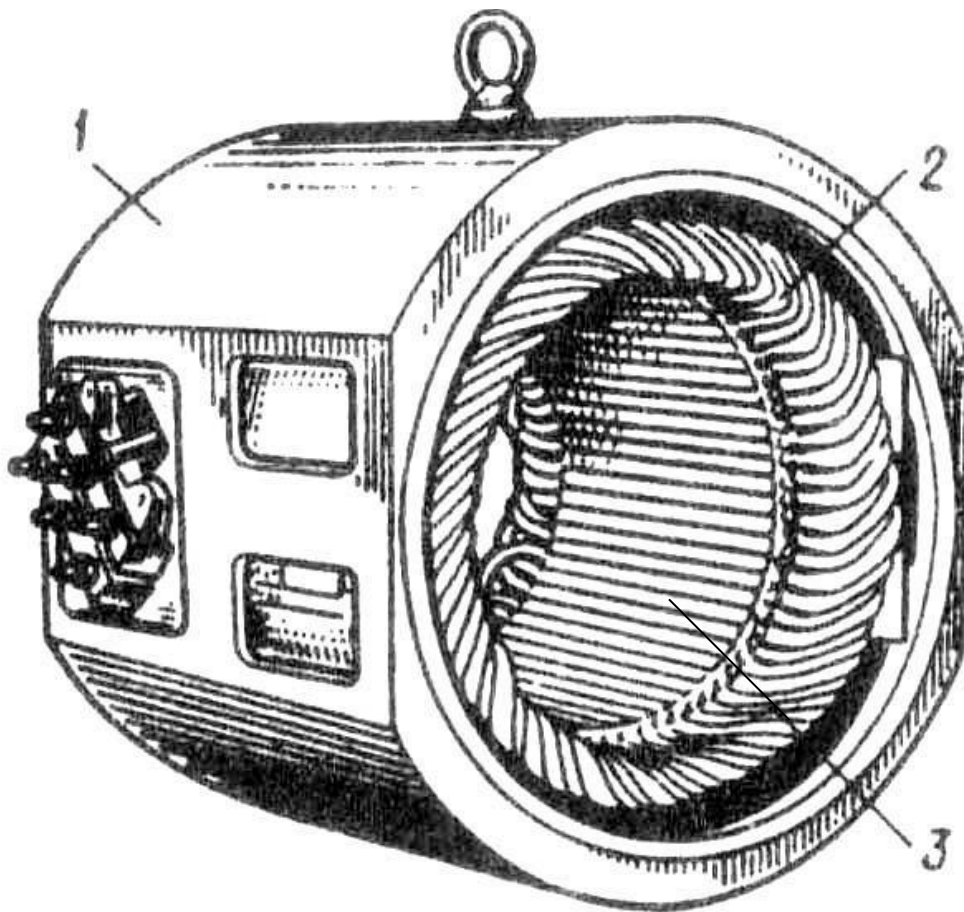


Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (IP23)



- 1 - вал
- 2, 15 - наружные крышки подшипника
- 3 - роликовый подшипник
- 4 - коробка выводов
- 5 - сердечник ротора
- 6 - сердечник статора
- 7 - обмотка ротора
- 8 - обмотка статора
- 9 - воздухонаправляющий щиток
- 10, 12 - подшипниковые щиты
- 11 - жалюзи для выхода воздуха

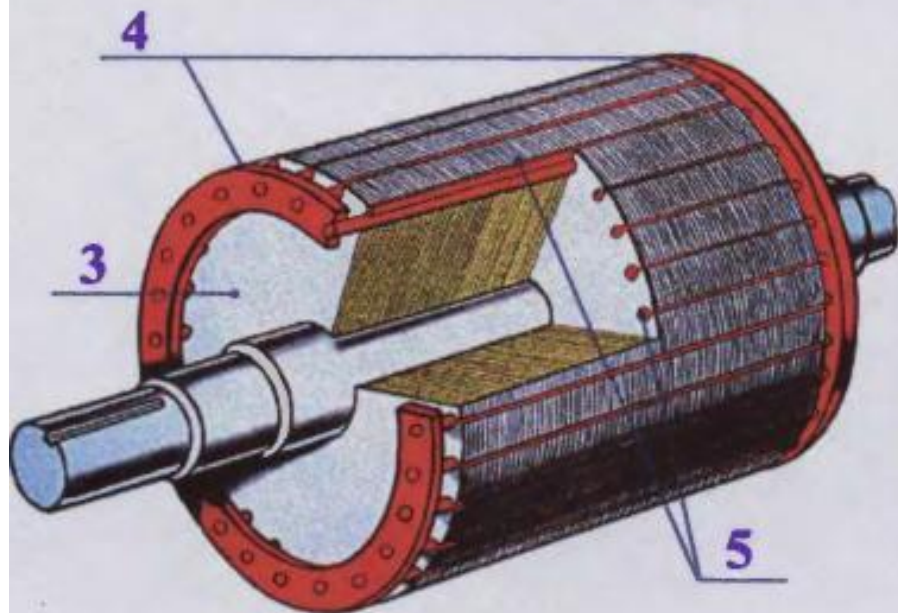
Статор асинхронного двигателя с обмоткой



2 - лобовые части
обмотки;
3 – пазовые части
обмотки.

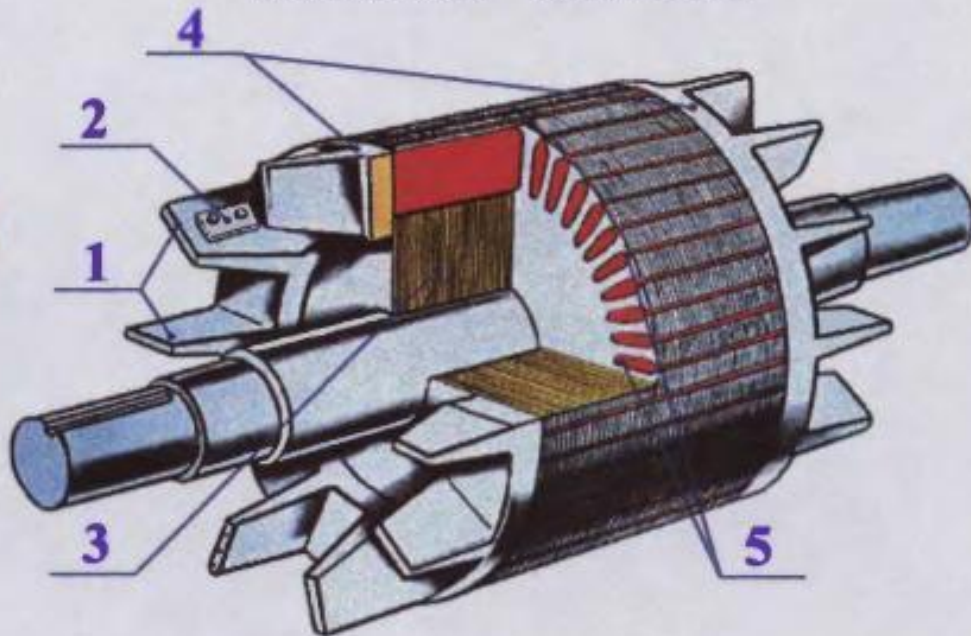
Короткозамкнутые роторы асинхронных двигателей

**Ротор со сварной
беличьей клеткой**



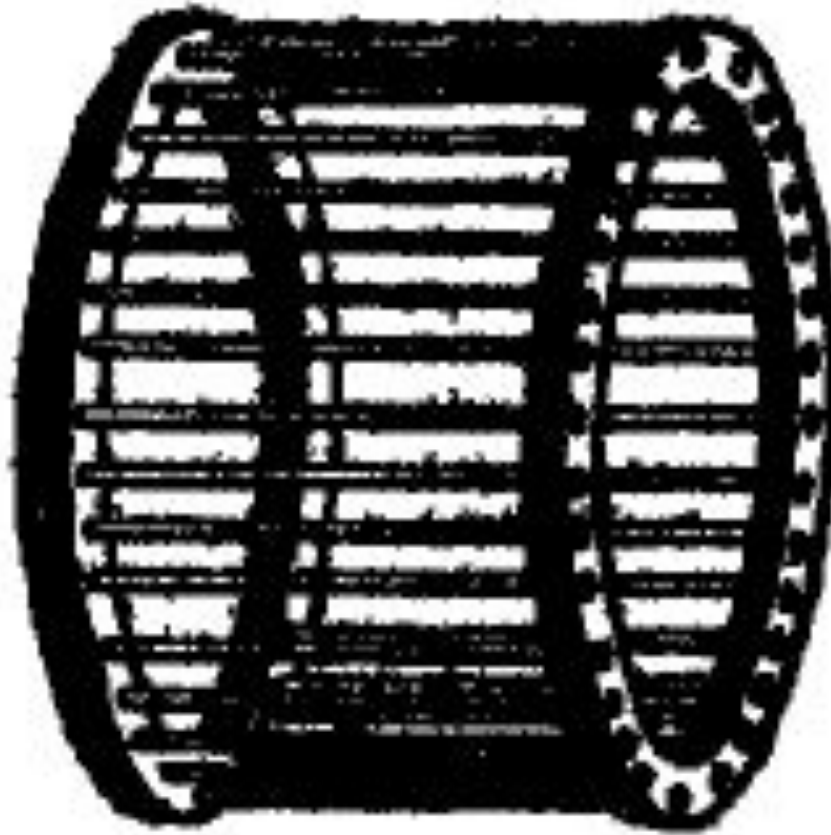
- 1 - вентиляционные лопатки
- 2 - балансировочный груз
- 3 - магнитопровод ротора

**Ротор с литой
беличьей клеткой**

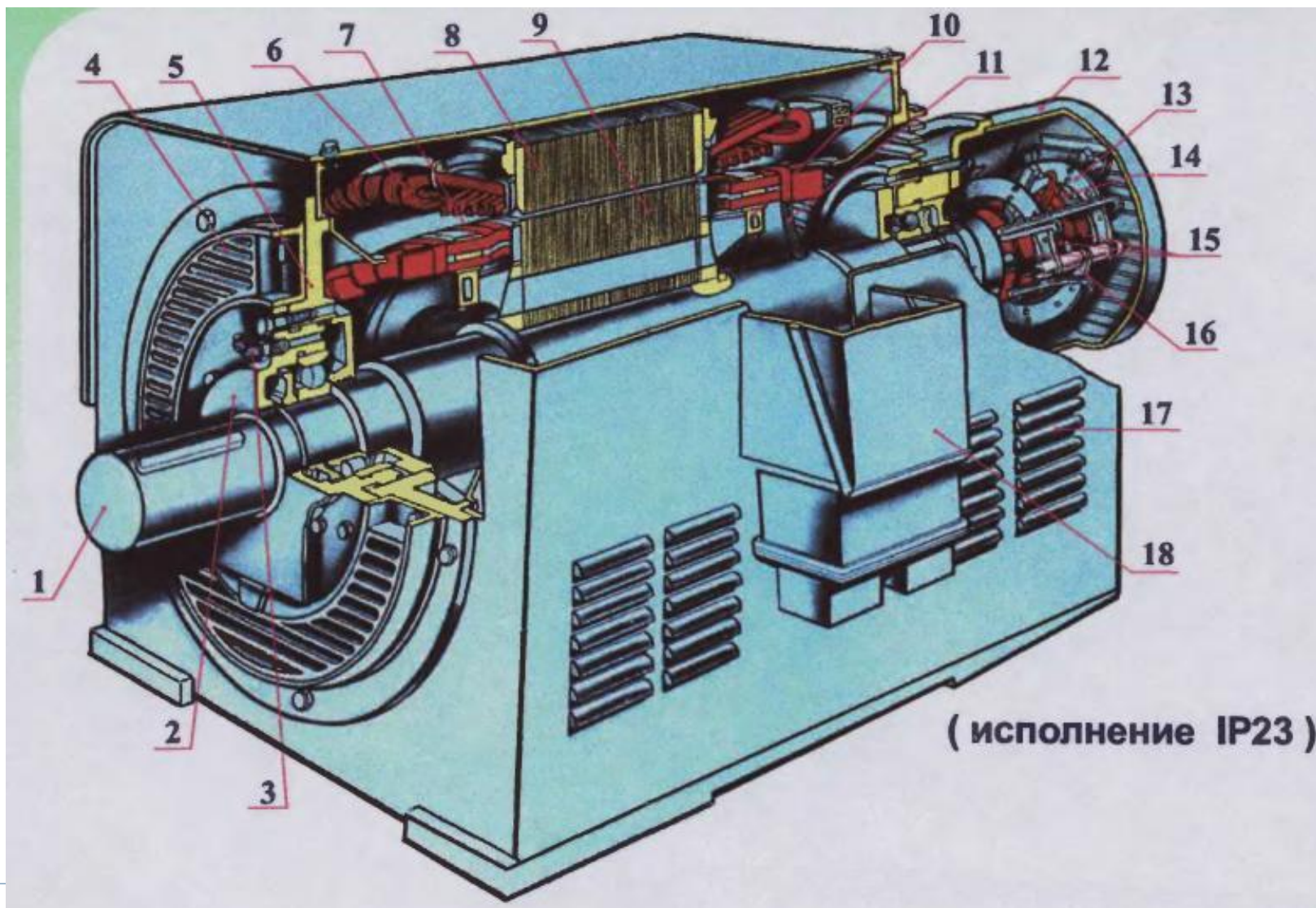


- 4 - короткозамыкающие кольца
- 5 - стержни в пазах

Короткозамкнутая обмотка ротора в виде беличьей клетки



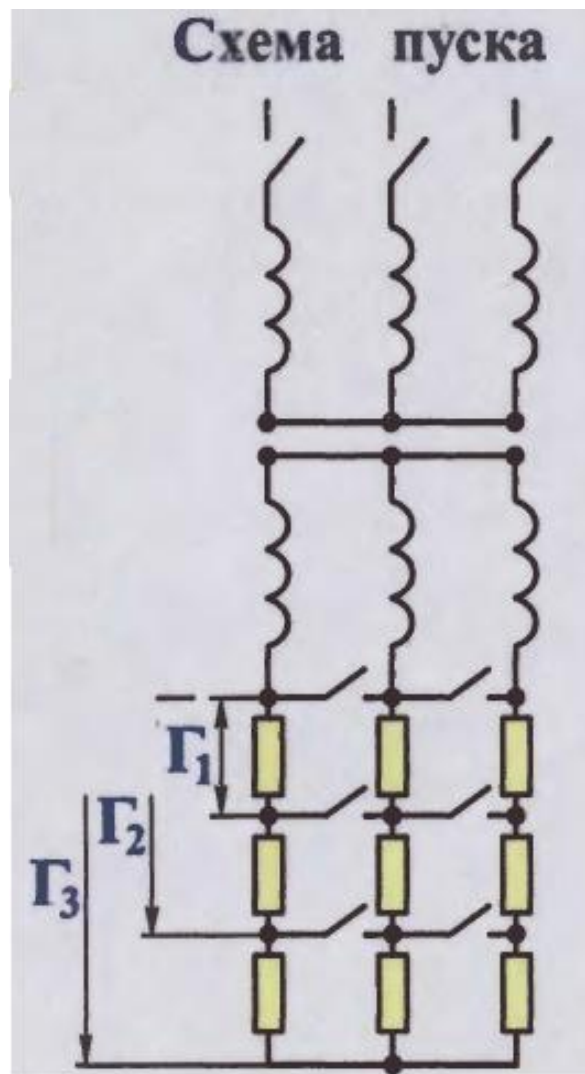
Асинхронный двигатель с фазным ротором



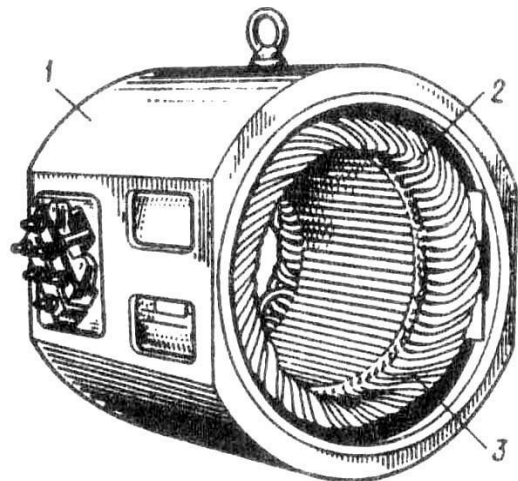
Асинхронный двигатель с фазным ротором



Пуск двигателей с фазным ротором

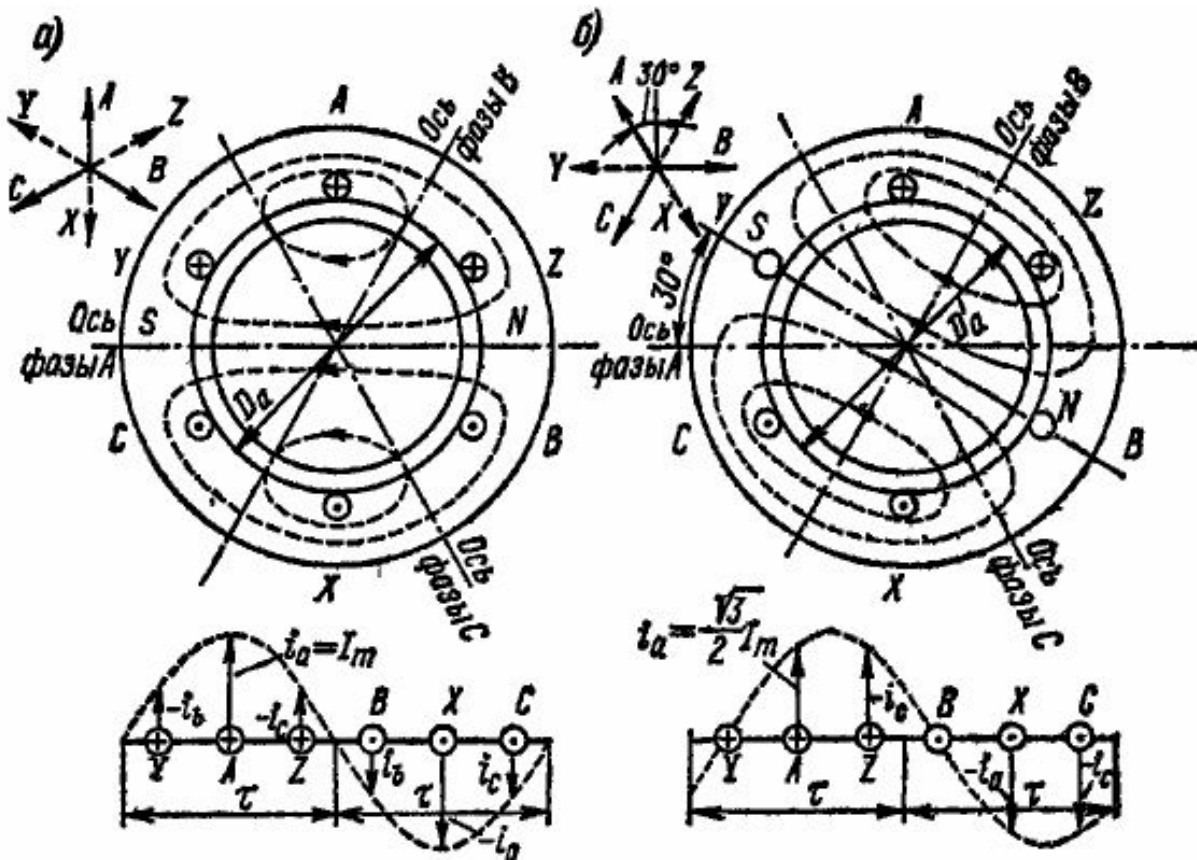


Создание простейшей обмоткой статора вращающегося магнитного поля, $2p=2$



Полюсное
деление:
 $1/2$ окружности
($p=1$)

$$\tau = \frac{\pi D_a}{2p}$$

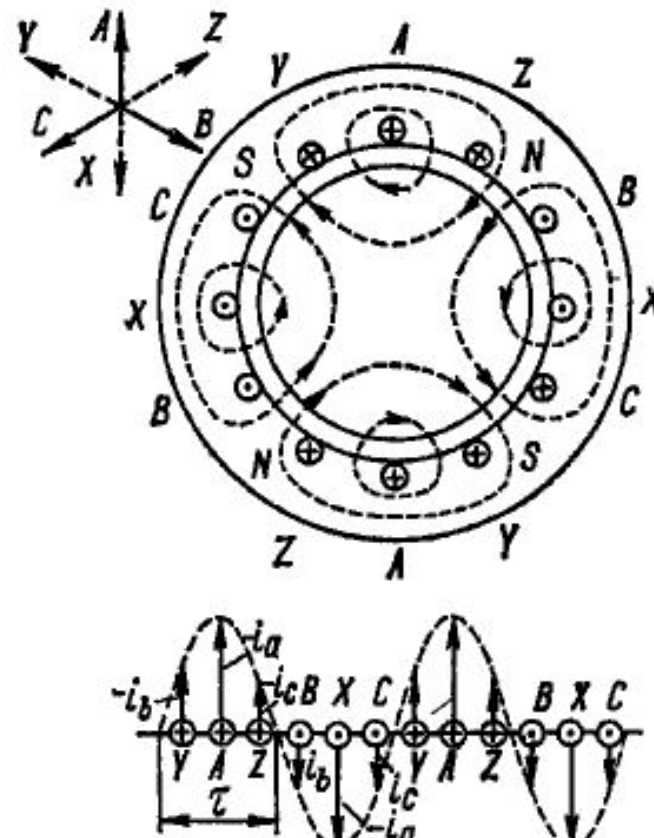


При этом за один период изменения тока поле поворачивается на 2τ или 360° эл.
Скорость вращения поля $n_1 = f_1$ об/сек, f_1 — частота тока статора.

Создание простейшей обмоткой статора вращающегося магнитного поля, $2p=4$

Полюсное
деление:
 $\frac{1}{4}$ окружности
($p=2$)

$$\tau = \frac{\pi D_a}{2p}$$



Это поле за один период тока поворачивается тоже на 2τ или в данном случае на половину окружности, вследствие чего скорость поля

$$n_1 = \frac{f_1}{2}, \text{ об/сек.}$$

Скорость вращения магнитного поля

В общем случае можно изготовить обмотку с $2p = 6, 8, 10$ и т. д. При этом будет получаться кривая распределения тока и магнитное поле с p парами полюсов. Магнитное поле вращается со скоростью

$$n_1 = f_1 / p, \text{ об/сек}$$

или

$$n_{1\text{м}} = \frac{60f_1}{p}, \text{ об/мин.}$$

Скорость вращения магнитного поля обмоток с различными числами пар полюсов p при $f_1 = 50$ гц

p	1	2	3	4	5	6	8	10	30	50
$n_1, \text{ об/мин}$	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	100	60

Принцип действия асинхронной машины

Принцип действия асинхронной машины. Магнитный поток Φ_1 , создаваемый обмоткой статора при своем вращении пересекает проводники обмотки ротора, индуцирует в них э. д. с. e_{12} , и если обмотка ротора замкнута, то в ней возникают токи i_2 , частота которых f_2 при неподвижном роторе ($n = 0$) равна первичной частоте f_1 .

Если обмотка ротора является трехфазной, то в ней индуцируется трехфазный ток. Этот ток создает вращающийся поток ротора Φ_2 , число полюсов $2p$, направление и скорость вращения которого при $n = 0$

$$n_2 = \frac{f_2}{p} = \frac{f_1}{p} = n_1, \text{ об/сек}$$

такие же, как и у потока статора. Поэтому потоки Φ_1 и Φ_2 вращаются синхронно и образуют общий вращающийся поток двигателя Φ . При короткозамкнутом роторе в его стержнях индуцируется многофазная система токов i_2 со сдвигом в соседних стержнях по фазе на угол

$$\gamma = \frac{2\pi p}{Z_2},$$

Принцип действия асинхронной машины

где Z_2 — число стержней ротора. Эти токи также создают вращающийся поток Φ_2 , число полюсов, направление и скорость вращения которого являются такими же, как и у потока фазного ротора. Поэтому и в данном случае в двигателе образуется общий магнитный поток Φ . Ввиду существования общего вращающегося магнитного поля можно рассматривать э. д. с., индуцируемые в обмотках этим полем.

В результате взаимодействия токов ротора с потоком возникают действующие на проводники ротора механические силы F и вращающий электромагнитный момент M .

[Можно также сказать, что вращающий электромагнитный момент M создается в результате взаимодействия магнитного поля статора (поток Φ_1) и магнитного поля ротора (поток Φ_2)].

Электромагнитный момент создается только активной составляющей тока ротора

В верхней части рис. 19-7 показаны вращающаяся со скоростью ω_1 синусоидальная волна общего магнитного поля B машины и направления э. д. с. e_2 , индуцируемых этим полем в стержнях неподвижного короткозамкнутого ротора. В нижней части рис. 19-7 показаны направления токов стержней i_2 и действующих на них сил F для двух случаев: когда угол сдвига фаз ψ_2 между e_2 и i_2 равен нулю и когда $\psi_2 = 90^\circ$. При $\psi_2 = 0$ все силы действуют в сторону вращения поля. Поэтому вращающий момент

$$M = \sum \frac{FD}{2}$$

отличен от нуля и также действует в сторону вращения поля. В то же время при $\psi_2 = 90^\circ$ силы действуют в разные стороны и $M = 0$.

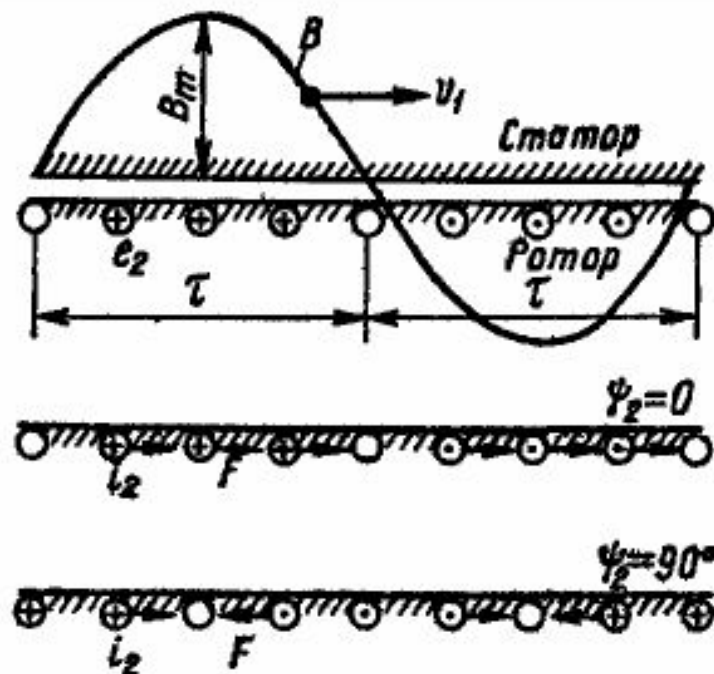


Рис. 19-7 Токи в стержнях обмотки ротора и действующие на них силы

Электромагнитный момент создается только активной составляющей тока ротора

Отсюда следует, что вращающий момент создается только активной составляющей тока ротора

$$I_{2a} = I_2 \cos \psi_2.$$

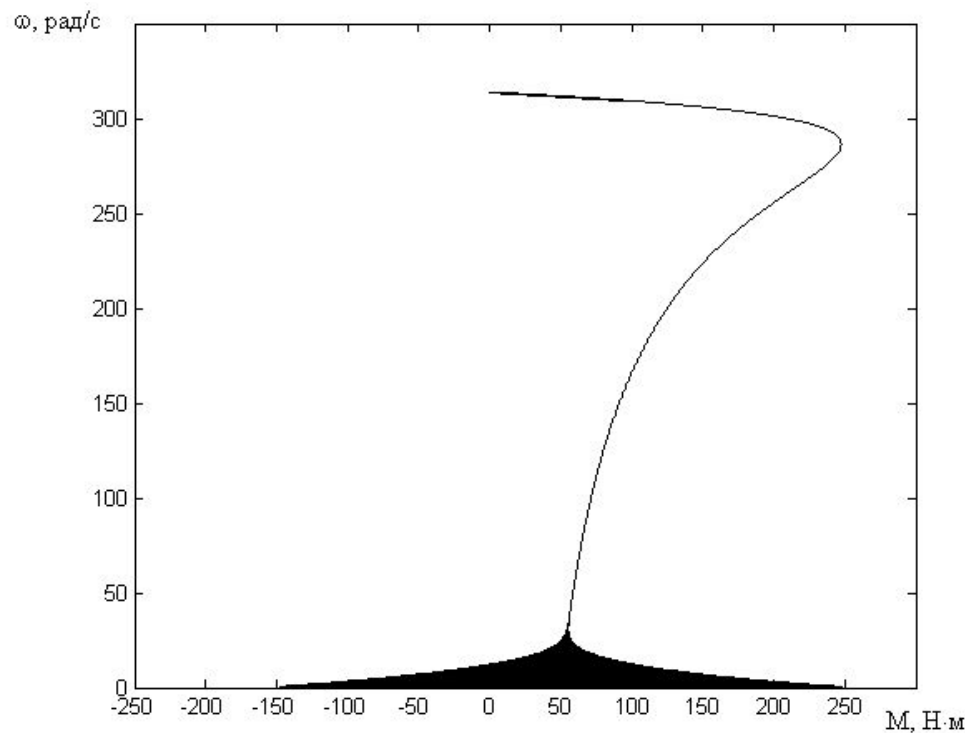
$$M = c \Phi I_2 \cos \psi_2$$

Этот вывод имеет общий характер и справедлив также для других видов машин переменного тока.

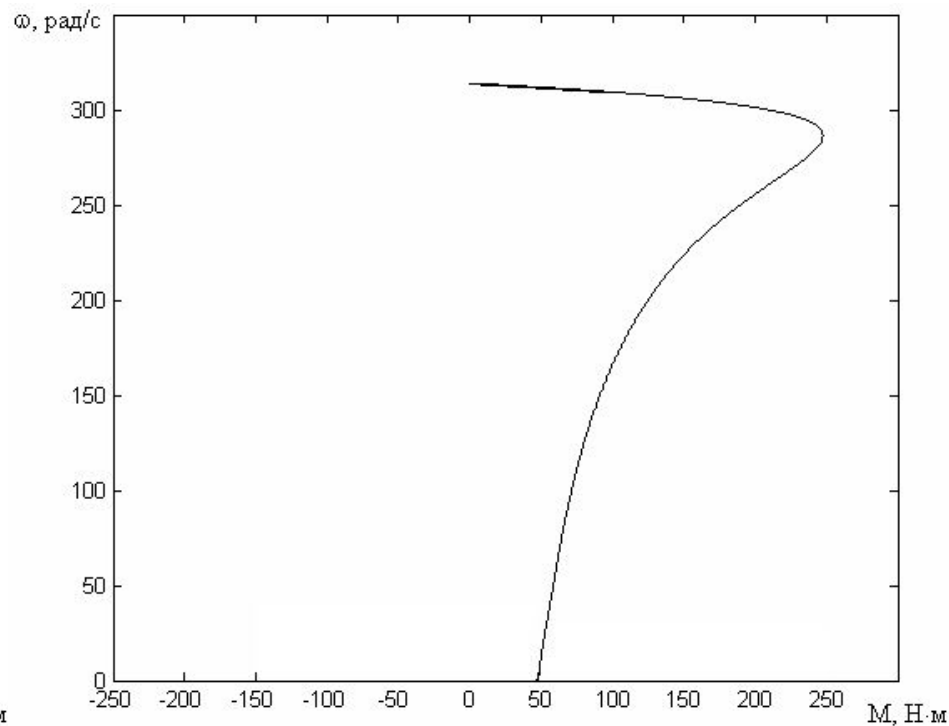
Цепь ротора асинхронного двигателя всегда обладает определенным активным сопротивлением, и поэтому при пуске двигателя ($n = 0$) всегда $0 < \psi_2 < 90^\circ$. В результате развиваемый момент $M > 0$, и если он больше статического тормозного момента на валу, то ротор двигателя придет во вращение в направлении вращения поля с некоторой скоростью $n < n_1$, т. е. будет вращаться с некоторым отставанием, или скольжением, относительно поля статора.

Электромагнитный момент асинхронного двигателя в процессе прямого пуска

Механические характеристики



Динамическая характеристика



Статическая характеристика

$$M = c \Phi I_2 \cos \varphi_2$$

Основные соотношения асинхронной машины

Относительная разность скоростей вращения поля и ротора

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

называется с к о л ь ж е н и е м. Скольжение выражается также в процентах:

$$s\% = 100s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100.$$

Скорость ротора n , выраженная через скольжение s , согласно формуле равна

$$n = (1 - s) n_1$$

При пуске двигателя ($n = 0$) имеем $s = 1$, а при вращении ротора синхронно с полем статора или, как говорят, с синхронной скоростью ($n = n_1$) будет $s = 0$. При $n = n_1$ магнитное поле статора относительно ротора неподвижно и токи в роторе индуцироваться не будут, поэтому $M = 0$ и такой скорости вращения двигатель достичь не может. Вследствие этого в режиме двигателя всегда $0 < n < n_1$ и $1 > s > 0$.

Основные соотношения асинхронной машины

При вращении ротора в сторону поля частота пересечения полем проводников ротора пропорциональна разности скоростей $n_1 - n$ и частота тока в обмотке ротора

$$f_2 = p (n_1 - n).$$

Подставив сюда значение n и n_1

$$f_2 = spn_1 = sf_1,$$

т. е. вторичная частота пропорциональна скольжению.

Основные соотношения асинхронной машины

При частоте тока $f_2 < f_1$ скорость вращения поля ротора относительно самого ротора n_{2p} также меньше n_1 и равна

$$n_{2p} = \frac{f_2}{p} = sn_1$$

Скорость вращения поля ротора относительно статора

$$n_{2c} = n + n_{2p} = (1 - s)n_1 + sn_1 = n_1,$$

т. е. скорость вращения поля ротора относительно статора при любой скорости вращения ротора n равна скорости вращения поля статора n_1 . Поэтому поля статора и ротора при вращающемся роторе также вращаются всегда синхронно и образуют общее вращающееся поле.

Двигательный режим и генераторный режим работы параллельно с сетью (рекуперация)

$$0 < n < n_1$$

Двигательный режим

$$0 < s < 1$$

В момент пуска $s=1$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Генераторный режим

Если ротор асинхронной машины с помощью внешней силы (вращающего момента) привести во вращение в направлении вращения поля статора со скоростью выше синхронной ($n > n_1$), то ротор будет обгонять поле и направления индуцируемых в обмотке ротора токов по сравнению с изображенными на рис. 19-7 изменятся на обратные. При этом изменятся на обратные также направления электромагнитных сил F и электромагнитного момента M . Момент M при этом будет тормозящим, а машина будет работать в режиме генератора и отдавать активную мощность в сеть,

В режиме генератора $s < 0$.

Генераторный режим работы последовательно с сетью (противовключение)

Если ротор вращать в направлении, обратном направлению вращения поля статора ($n < 0$), то указанные на рис. 19-7 направления e_2 , i_2 и F сохраняется. Электромагнитный момент M будет действовать в направлении вращения поля статора, но будет тормозить вращение ротора. Этот режим работы асинхронной машины называется режимом противовключения или режимом электромагнитного тормоза.

В этом режиме в соответствии с выражением $s > 1$.

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$