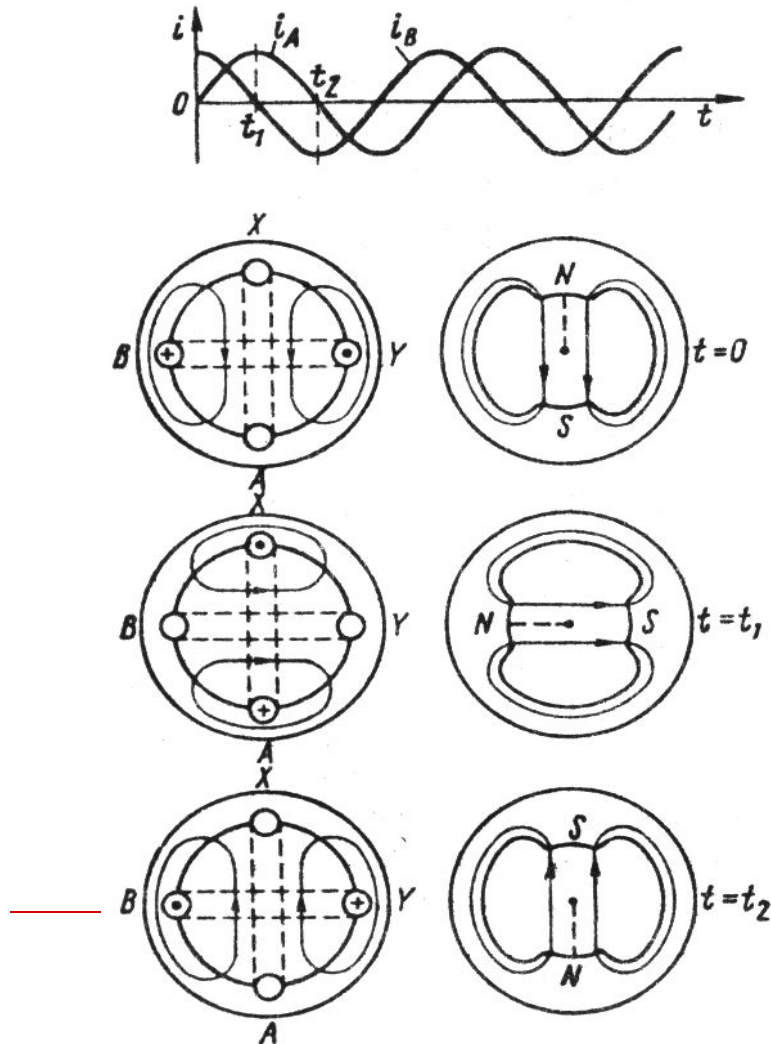


# Асинхронные машины



- 
1. Получение вращающегося магнитного поля.
  2. Устройство АМ.
  3. Принцип работы.

1, Рассмотрим получение двухфазного вращающегося магнитного поля на примере двух взаимоперпендикулярных катушек с переменным током:



- За половину периода переменного тока магнитное поле сделало поворот на 180 град, а за весь период оно делает полный оборот.
- Частота вращения магнитного поля называется

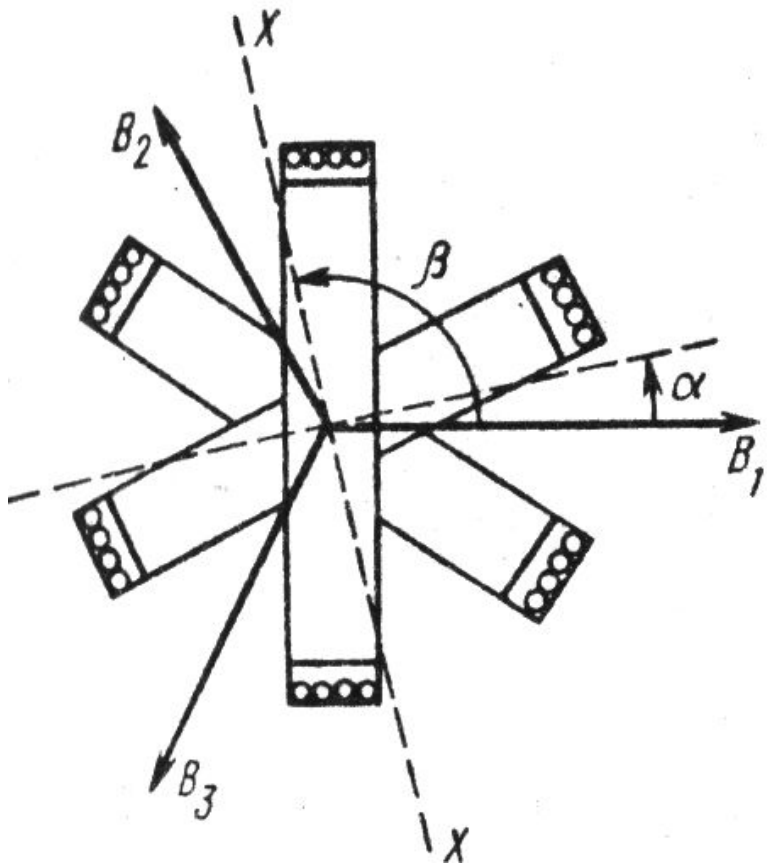
**синхронной:**

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ (об / мин)}$$

$p$  – количество пар полюсов

$f$  – частота переменного тока

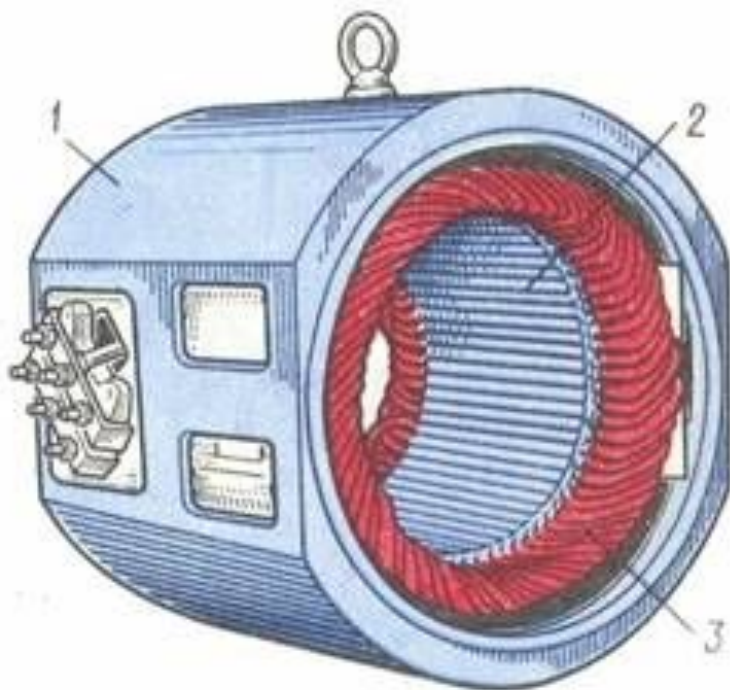
Чтобы получить трехфазное вращающееся магнитное поле нужно взять три катушки с переменным током, сдвинутые в пространстве на 120 град.



- Индукция магнитного поля в каждой катушке изменяется по закону:
  - **$B_1 = B_m \sin \omega t$**
  - **$B_2 = B_m \sin(\omega t - 120)$**
  - **$B_3 = B_m \sin(\omega t + 120)$**
- 3 катушки - 120 град - 2 полюса
- 6 катушек - 60град - 4 полюса
- 9 катушек - 30град - 6 полюсов

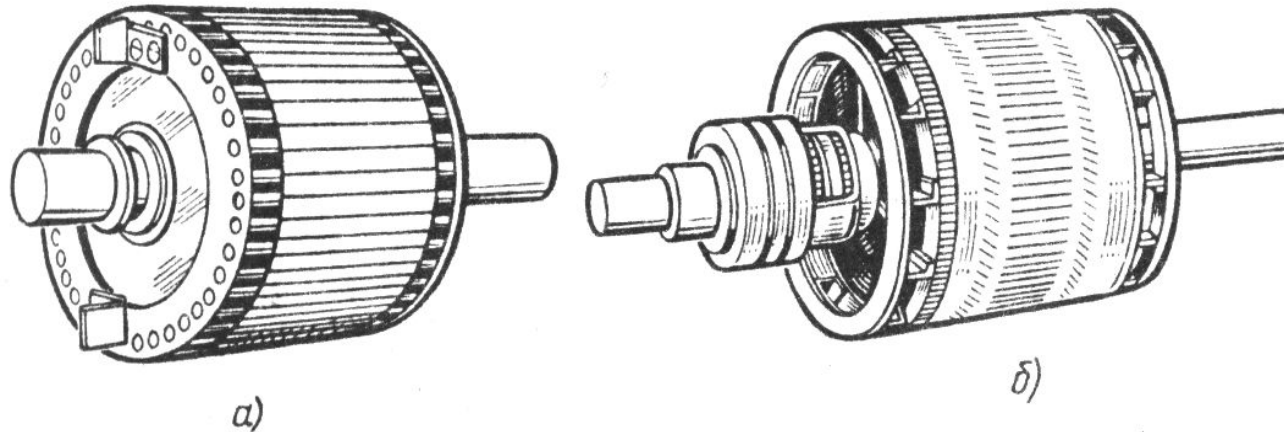
## 2, Устройство статора асинхронной машины

---



- 1 – чугунная станина
  - 2 – шихтованный сердечник статора
  - 3 – статорная обмотка из трех катушек, сдвинутых на 120 град
-

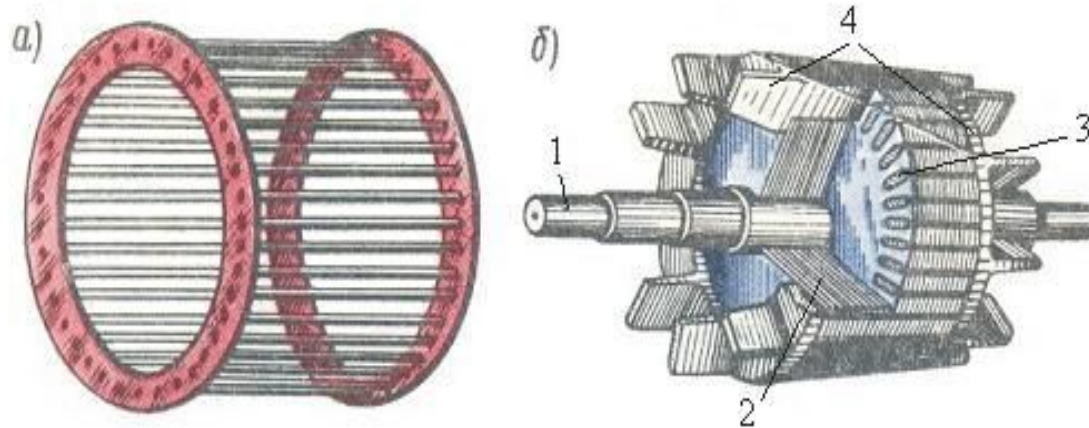
**Ротор** асинхронной машины так же набирают из листов электротехнической стали и изолируют их лаком. В пазы укладывают обмотку двух типов:



- а)- ротор с короткозамкнутой обмоткой типа «беличья клетка», алюминий или медь заливают прямо в пазы, с торцов соединяют кольцами.
- б)- ротор с фазной обмоткой – проводники укладываются в пазы ротора и через контактные щетки и кольца соединяется с пусковым или регулировочным реостатом.

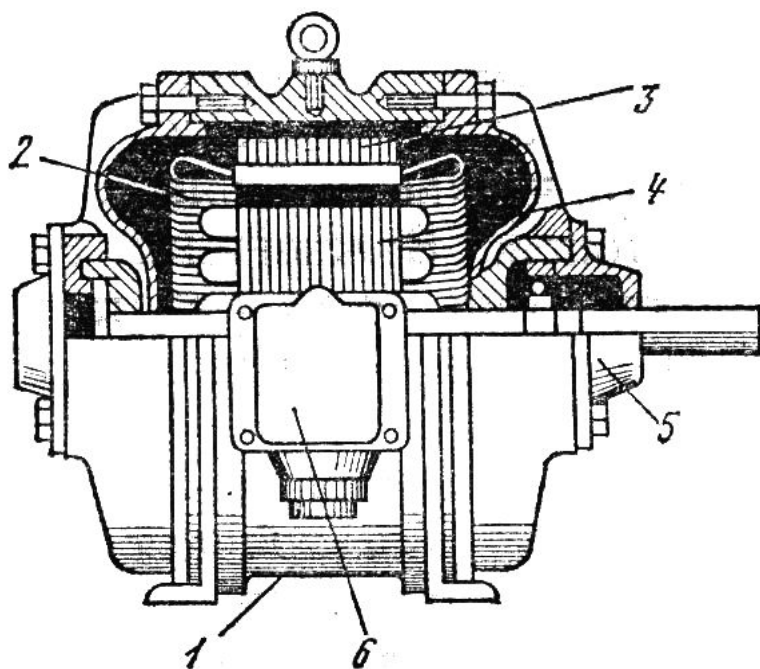
## Вид обмотки типа «беличья клетка»

---



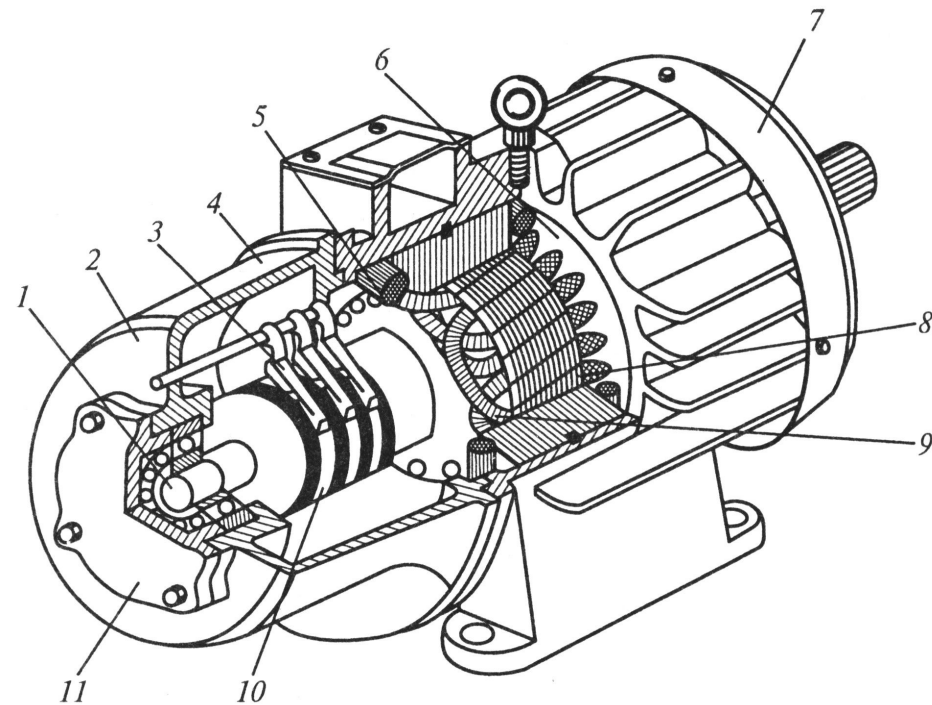
- 1 – вал
  - 2 – листы магнитопровода ротора
  - 3 – алюминиевые стержни
  - 4 – кольца, замыкающие стержни
-

# Устройство асинхронной машины с короткозамкнутым-ротором



- 1 – корпус машины
- 2 – обмотка статора
- 3 – сердечник статора
- 4 – сердечник ротора с залитыми внутрь алюминиевыми стержнями
- 5 – подшипниковый щит
- 6 – коробка выводов

# Устройство асинхронной машины с фазным ротором



- 1 – вал
- 2 – подшипниковый щит
- 3 – контактные щетки
- 4 – корпус
- 5 – обмотка статора
- 6 – сердечник статора
- 7 – крышка вентилятора
- 8 – сердечник ротора
- 9 – фазная обмотка ротора
- 10 – контактные кольца
- 11 – крышка подшипникового щита



## ***3, Принцип действия асинхронного двигателя:***

---

- При включении двигателя в сеть трехфазного тока, в статоре образуется вращающееся магнитное поле, силовые линии которого пересекают обмотку ротора.
  - По закону электромагнитной индукции в обмотке ротора появляется эдс, под действием которой в роторе протекает ток.
  - По закону Ампера появляются электромагнитные силы, которые раскручивают ротор в том же направлении, что и вращающееся поле.
  - Частота вращения ротора будет меньше, чем частота вращения магнитного поля, поэтому машину называют асинхронной
-

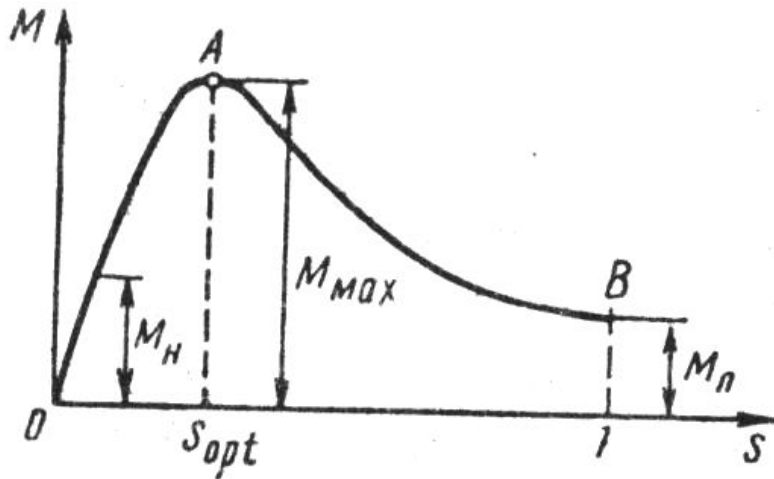
**Скольжение** – это разность между частотой вращения поля статора и частотой вращения ротора, отнесенная к частоте вращения поля статора.

---

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100(\%)$$

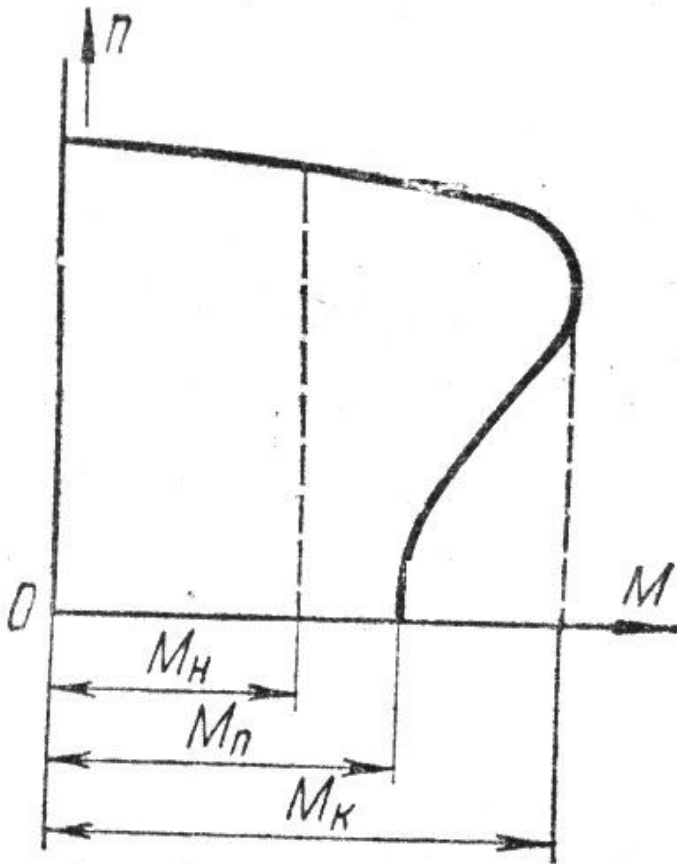
- $n_1$  – синхронная частота вращения (поля статора)
  - $n_2$  – частота вращения ротора
  - Скольжение зависит от нагрузки: в момент пуска  $s=100\%$ , а в номинальном режиме 2-5%
-

# Зависимость момента машины от скольжения:



- $OA$  – устойчивый режим работы АД
- $AB$  – неустойчивый режим работы (возможно опрокидывание двигателя)
- $M_n$  – номинальный момент
- $M_p$  – пусковой момент
- $M_{max}$  – критический момент

# Механическая характеристика АД:



- С увеличением нагрузки частота вращения АД уменьшается незначительно, но если превысить критическое значение нагрузки, то частота вращения уменьшится до нуля – «двигатель опрокинется»
- $K_p = M_p / M_n = 1-1,5$  (кратность пускового момента)
- $K_{пер} = M_k / M_n = 2-3$  (перегрузочная способность).

Для расчета ЭДС асинхронной машины  
используют формулу  
трансформаторной ЭДС

---

$$E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot k \cdot f \cdot \Phi$$

□ ЭДС статора

$$E_2 = 4,44 \cdot W_2 \cdot k \cdot f \cdot \Phi$$

□ ЭДС неподвижного ротора

$$E_{2s} = 4,44 \cdot W_2 \cdot k \cdot f \cdot \Phi \cdot S$$

□ ЭДС вращающегося ротора

к - обмоточный коэффициент (0,8-1)

---

*Ток в обмотке фазы ротора определяется по формуле:*

---

$$I_{2s} = \frac{E_{2s}}{z_2} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + x_{2s}^2}}$$

- $E_{2s}$  – ЭДС вращающегося ротора
  - $R_2$  – активное сопротивление фазы ротора
  - $X_2$  – реактивное сопротивление фазы ротора
  - $X_{2s} = X_2 \cdot S$
-

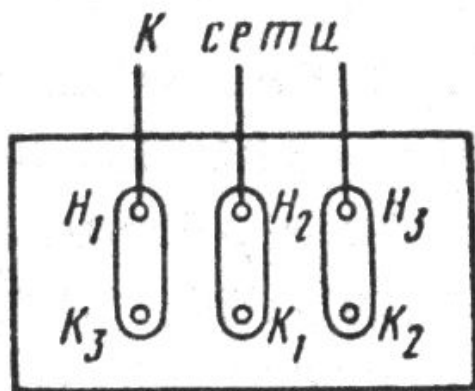
# ***Пуск в ход и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя***

---

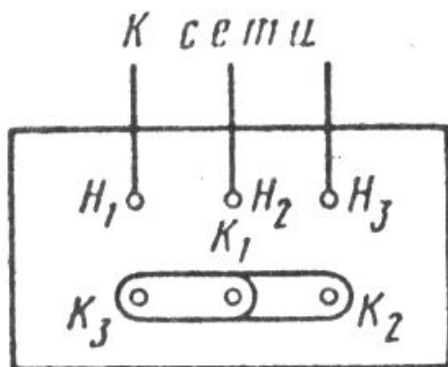
1. пуск АД
2. регулирование частоты вращения
3. рабочие характеристики АД

1. Перед включением асинхронного двигателя в сеть переменного тока нужно ознакомиться с его паспортными данными:

---



- Если в паспорте указано 220/380 ( $U_{\phi} \setminus U_{л}$ )
- То при сетевом напряжении 220В, фазы обмотки статора надо соединить по схеме «треугольник»

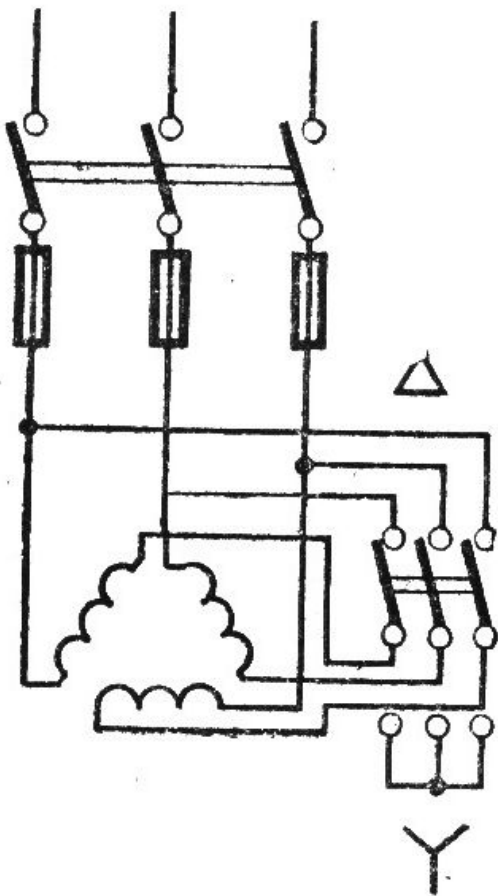


- Если в сети 380В, то фазы обмотки статора соединяем по схеме «звезда»
-



## Способы пуска асинхронного двигателя:

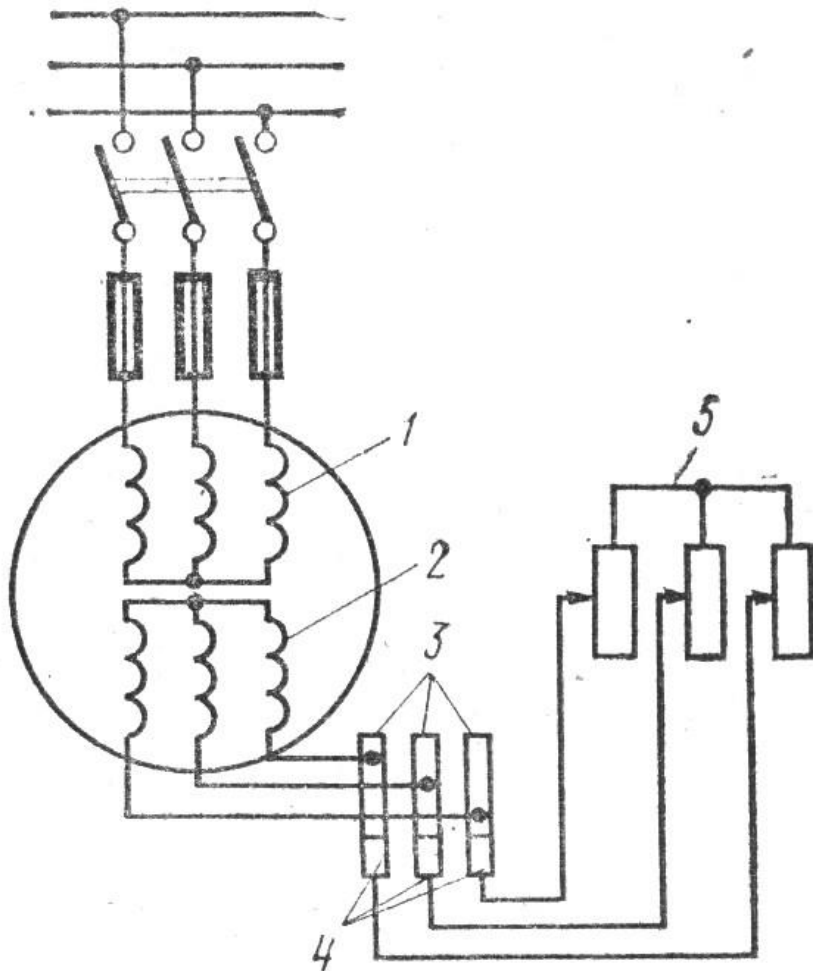
---



- 1) Переключением обмоток со «звезды» (при пуске) на «треугольник» (на постоянную работу). Это невозможно при  $U_c = 380\text{В}$
  - 2) АД можно включить без нагрузки, а когда ротор раскрутится, и двигатель перейдет на устойчивый режим работы, подключают через сцепную муфту нагрузку.
-

3) В фазном АД в цепь обмотки ротора включают пусковой реостат, который выводят по мере разгона двигателя.

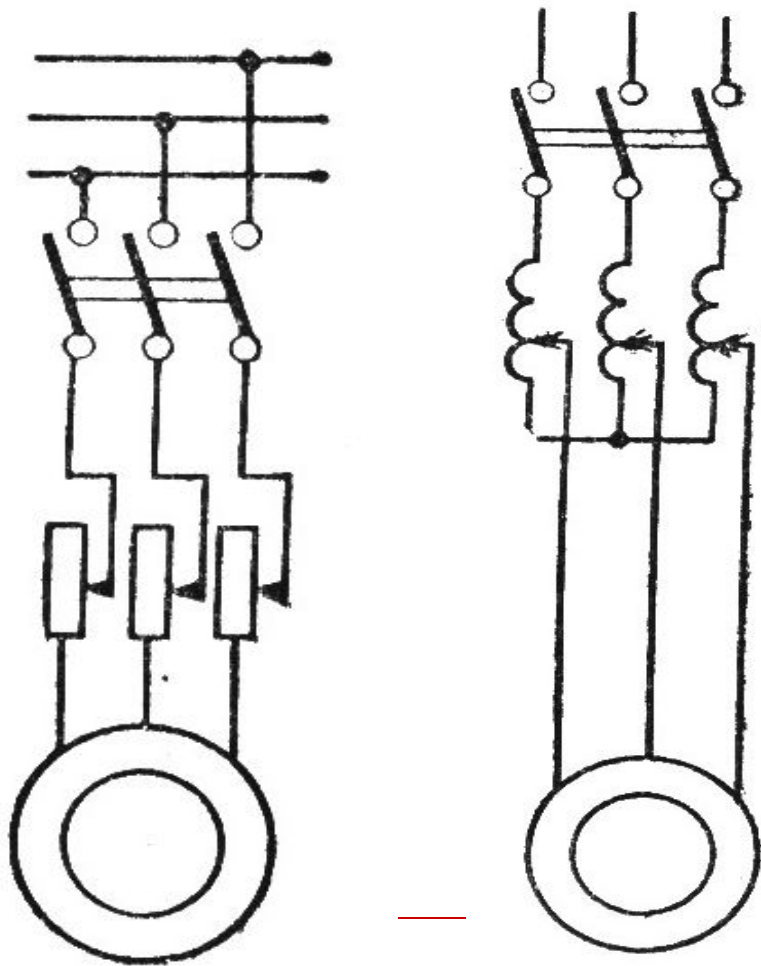
---



- 1 – обмотка статора
  - 2 – обмотка ротора
  - 3, 4 – контактные кольца и щетки
  - 5 – пусковой реостат
-

*Для запуска короткозамкнутого АД  
пользуются способами:*

---



- Включают пусковой реостат в цепь обмотки статора и постепенно его выводят.
  - Используют автотрансформатор, которым постепенно добавляют напряжение питания двигателя.
-

## 2. Способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя:

$$n_2 = (1 - s) \frac{60 \cdot f}{p}$$

- Изменением скольжения, для этого в фазном двигателе в цепь обмотки ротора включают регулировочный реостат, но при этом будут большие тепловые потери.  $S$  можно менять с помощью напряжения питания.
- Изменяя количество пар полюсов, переключая секции обмотки статора, но регулирование будет ступенчатое.
- Изменением частоты питающего тока, для этого применяют преобразователи частоты.
- Чтобы осуществить реверс меняют местами две фазы обмотки статора.

### ***3, Потери мощности в асинхронных машинах:***

---

- Электрические потери – происходят в обмотках из-за их нагрева **Рэл**
  - Магнитные потери – происходят в магнитопроводах ротора и статора из-за перемагничивания стали **Рм**
  - Механические потери – происходят во вращающихся частях из-за трения **Рмех**
  - Добавочные потери – происходят из-за пульсации магнитного потока вследствие зубчатого строения магнитопровода **Рдоб**
-

- 
- КПД АД: 90-95%

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - (P_{эл} + P_m + P_{мех} + P_{доб})}{P_1}$$

- Потребляемая  
МОЩНОСТЬ:

$$P_1 = I_{ном} \cdot U_{ном} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi (Вт)$$

---

Кратность пускового тока:

---

$$K_i = \frac{I_n}{I_{ном}}$$

Кратность пускового момента:

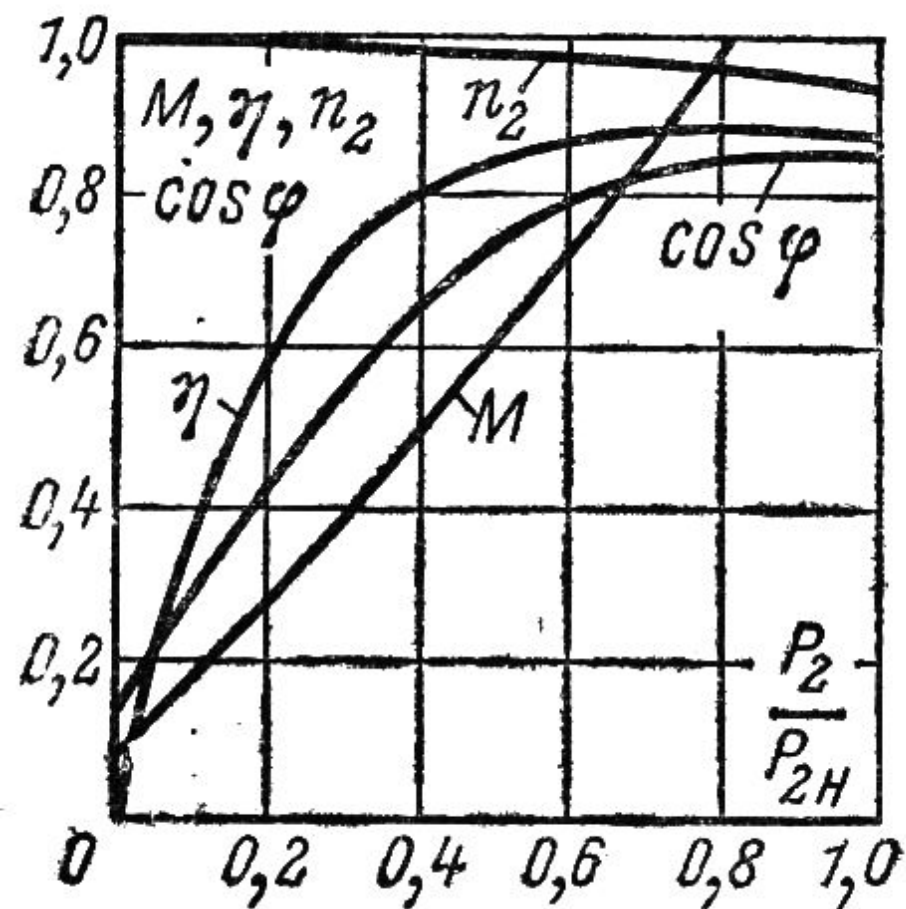
$$\hat{K}_i = \frac{M_{\ddot{n}}}{M_{\hat{n}ном}}$$

Перегрузочная способность:

$$K_{пер} = \frac{M_{max}}{M_{ном}}$$

---

## Рабочие характеристики асинхронного двигателя



- Это зависимость КПД, частоты вращения ротора, момента и коэффициента мощности от полезной (отдаваемой) мощности.
- С увеличением полезной мощности частота вращения двигателя незначительно снижается, момент возрастает от некоторого значения, КПД возрастает, затем незначительно снижается, а коэффициент мощности возрастает от некоторого значения.



# Расшифровка марки асинхронного двигателя

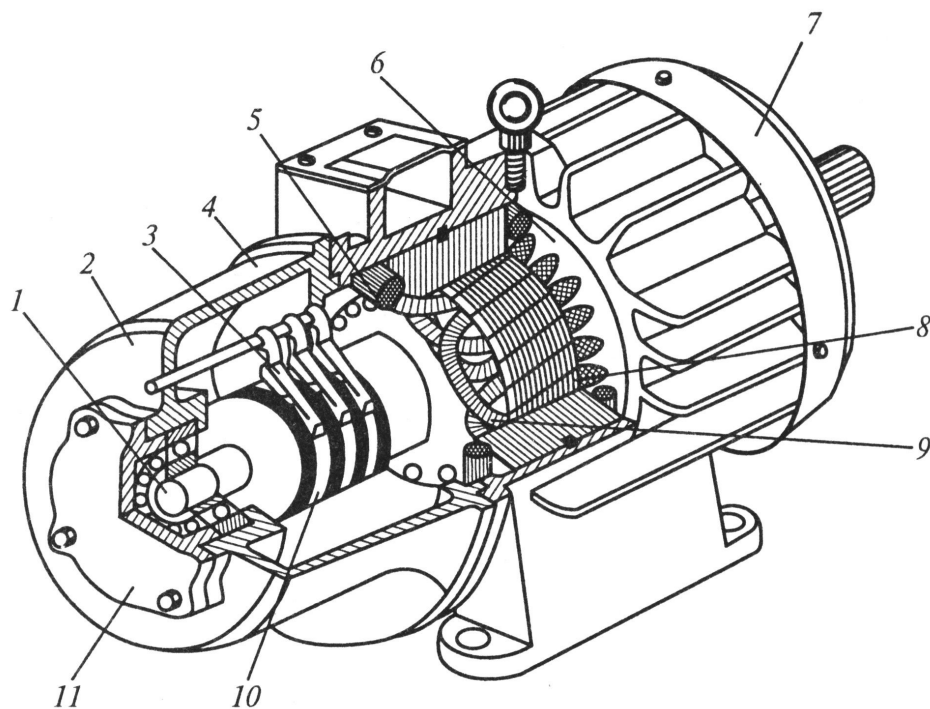
## **4AP160S6У3**

---

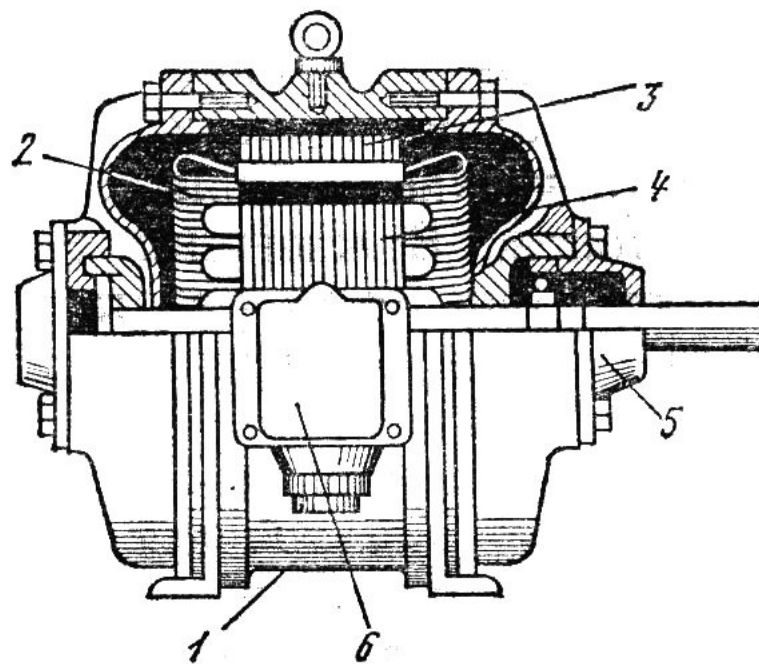
- **4** – номер серии
  - **A** – асинхронный
  - **P** – особенности (P-с повышенным пусковым моментом, В-встроенный, С-сельскохозяйственного назначения, Х-алюминиевая оболочка)
  - **160** – высота оси вращения в мм
  - **S** – размеры по длине станины( S – короткая, M-промежуточная, L-длинная)
  - **6** – число полюсов
  - **У**-климатическое исполнение (умеренный климат)
  - **3** – размещение (1-на открытом воздухе, 3- закрытые неотапливаемые помещения)
-

# Дать название и описать устройство АМ, принцип действия.

---



□ Вариант 1



□ Вариант 2

---

# Описать устройство и принцип работы АД

---

## 1 вариант

- **Рассчитать ЭДС статора и подвижного и неподвижного ротора,** если магнитный поток  $0,01$  Вб, число витков на первичной обмотке  $200$ , на вторичной  $100$ , обмоточный коэффициент  $0,95$ , частота сети стандартная.
- Ротор вращается с частотой  $950$  об/мин.

## 2 вариант

- **Рассчитать ЭДС статора и подвижного и неподвижного ротора,** если магнитный поток  $0,02$  Вб, число витков на первичной обмотке  $200$ , на вторичной  $50$ , обмоточный коэффициент  $0,9$ , частота сети стандартная.
  - Ротор вращается с частотой  $980$  об/мин.
-