



ФГБОУ ВО ЮГУ
ИНСТИТУТ
НЕФТИ И ГАЗА

Электрические машины

Дюба Елена Александровна
с.т.преподаватель направления 13.03.02

г.Ханты-Мансийск

Электромагнитный момент и механические характеристики асинхронного двигателя

Электромагнитный момент асинхронного двигателя создается взаимодействием тока в обмотке ротора с вращающимся магнитным полем. Электромагнитный момент M пропорционален электромагнитной мощности:

$$M = P_{\text{эм}} / \omega_1 = 9,55 P_{\text{эм}} / n_1$$

где $\omega_1 = 2\pi n / 60 = 2\pi f_1 / p$ — синхронная угловая скорость вращения (рад/с);

$$M = P_{\text{э2}} / (\omega_1 s) = m_1 I_2'^2 r_2' / (\omega_1 s),$$

т.е. электромагнитный момент асинхронного двигателя пропорционален мощности электрических потерь в обмотке ротора.

Если приведенное значение тока ротора подставить в выше приведенную формулы, получим формулу электромагнитного момента асинхронной машины (Н-м):

$$M = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r_2' \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot s \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}$$

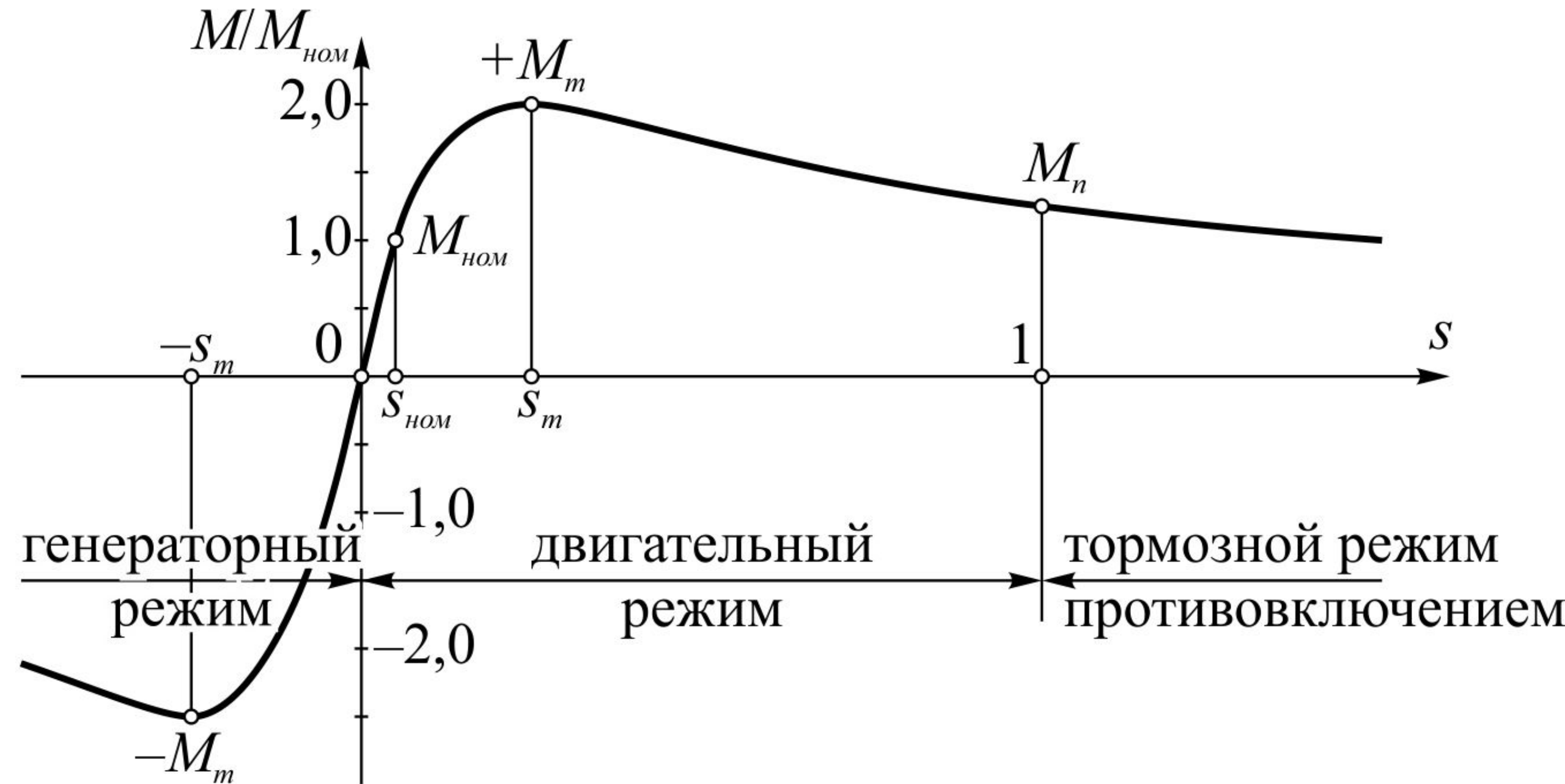
Параметры схемы замещения асинхронной машины r_2 , r_2' , x_1 и x_2' , с некоторым приближением можно считать постоянными величинами. Постоянными также можно считать напряжение на обмотке фазы статора U_1 и частоту тока в сети f_1 . В выражении момента M единственная *переменная* величина — *скольжение* s . Величина скольжения асинхронной машины зависит не только от нагрузки, но и от режима работы. При различных режимах работы асинхронной машины скольжение может принимать разные значения в диапазоне от $+\infty$ до $-\infty$. Графически выраженная зависимость момента от скольжения $M = f(s)$ при $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$ и постоянных параметрах схемы замещения представляет собой *механическую характеристику асинхронной машины*. Анализ этого уравнения, показывает, что при значениях скольжения $s = 0$ и $s = \infty$ электромагнитный момент $M = 0$. Из этого следует, что механическая характеристика $M = f(s)$ имеет максимум.

Для определения величины критического скольжения $s_{кр}$, соответствующего максимальному моменту, необходимо взять первую производную от выражения и приравнять ее к нулю: $dM/ds = 0$.

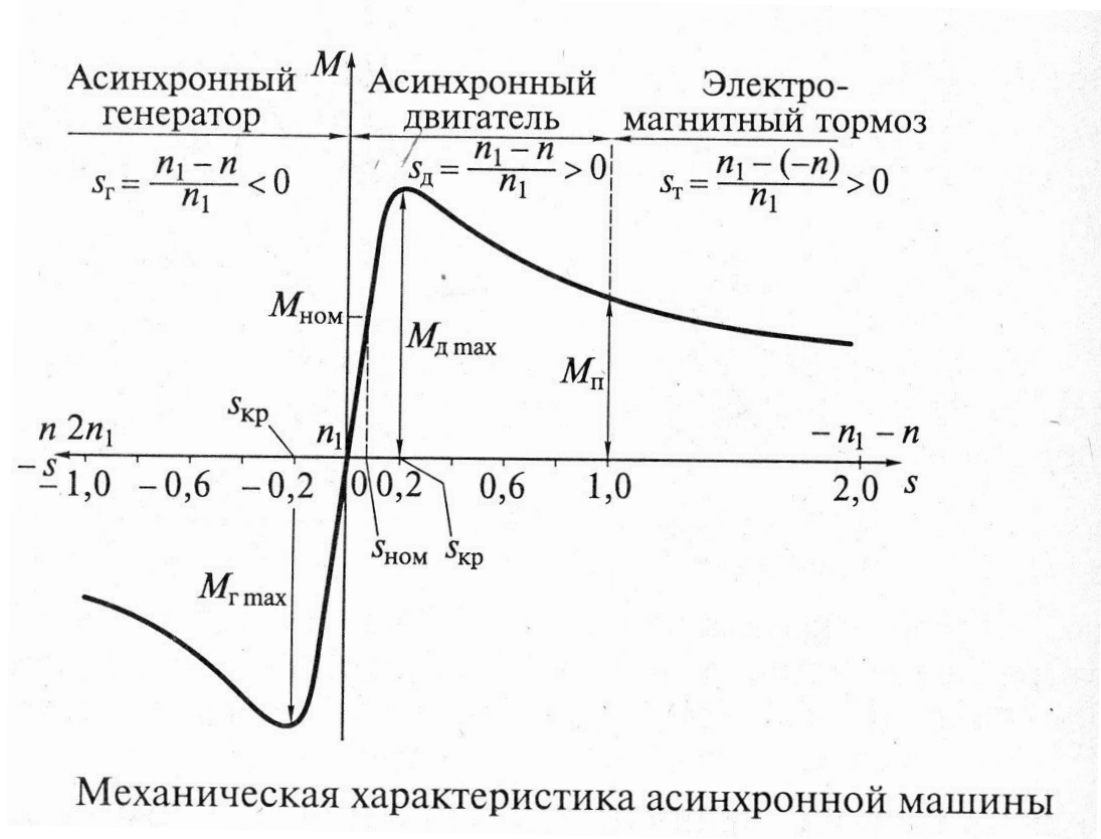
В результате получим:

$$s_{кр} = \pm r_2' / \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}.$$

$$M_{\max} = \pm \frac{m_1 U_1^2 p}{4\pi f_1 [\pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}]}.$$



Электромагнитный момент и механические характеристики асинхронного двигателя



$$M = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r'_2 \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot s \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]}$$

$$s_{кр} = \pm \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2}}$$

$$M_{max} = \pm \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot p}{4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot \left[\pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2} \right]}$$

$$M = f(S)$$

Участок от 0 до $M_{\text{НОМ}}$

$$M_B \uparrow \rightarrow S \uparrow \rightarrow I_2 \uparrow \rightarrow \cos \psi_2 = \frac{R_2}{Z_2} \downarrow \rightarrow I_1 \uparrow \rightarrow M \uparrow$$

$$M_B = M$$

**Участок от $M_{\text{НОМ}}$ до $M_{\text{МАХ}}$ это
возможная перегрузка**

**Участок $M_{\max}$ до $M_{\text{пуск}}$ ($S = 1$)
это неустойчивый режим.**

$$S \geq S_{KP} \uparrow \rightarrow I_2 = \text{const} \rightarrow \cos \psi_2 \downarrow$$

$$M_B > M$$

Для расчета момента можно использовать уравнение Клосса.

$$M = \frac{2M_H}{\frac{S_{KP}}{S} + \frac{S}{S_{KP}}}$$

$$M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H}$$

Приближенный расчет механической характеристики АД

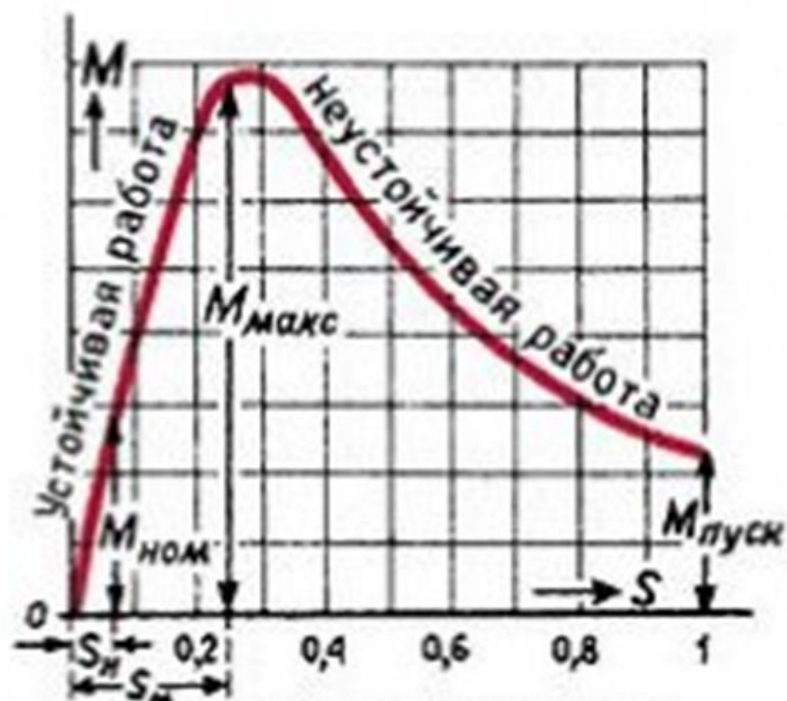
Применение формулы для расчета механических характеристик асинхронных двигателей не всегда возможно, так как параметры схемы замещения двигателей обычно не приводятся в каталогах и справочниках, поэтому для практических расчетов обычно пользуются упрощенной формулой момента. В основу этой формулы положено допущение, что активное сопротивление обмотки статора асинхронного двигателя $r_1 = 0$, при этом

$$M = M_{\max} \cdot \frac{2}{\frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s}}$$

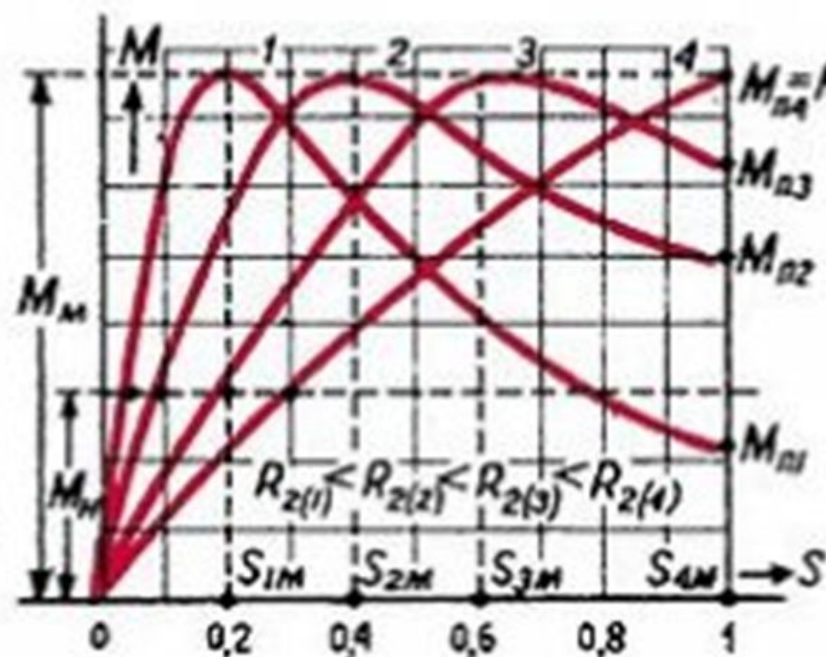
$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$$

$$s_{\text{кр}} = s_{\text{ном}} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$$

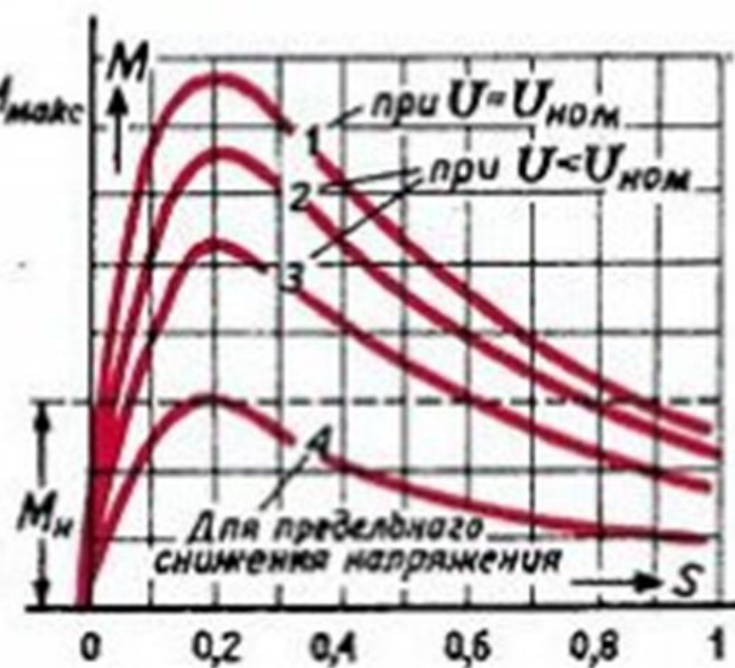
$$M_* = \frac{M}{M_{\max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s}}$$



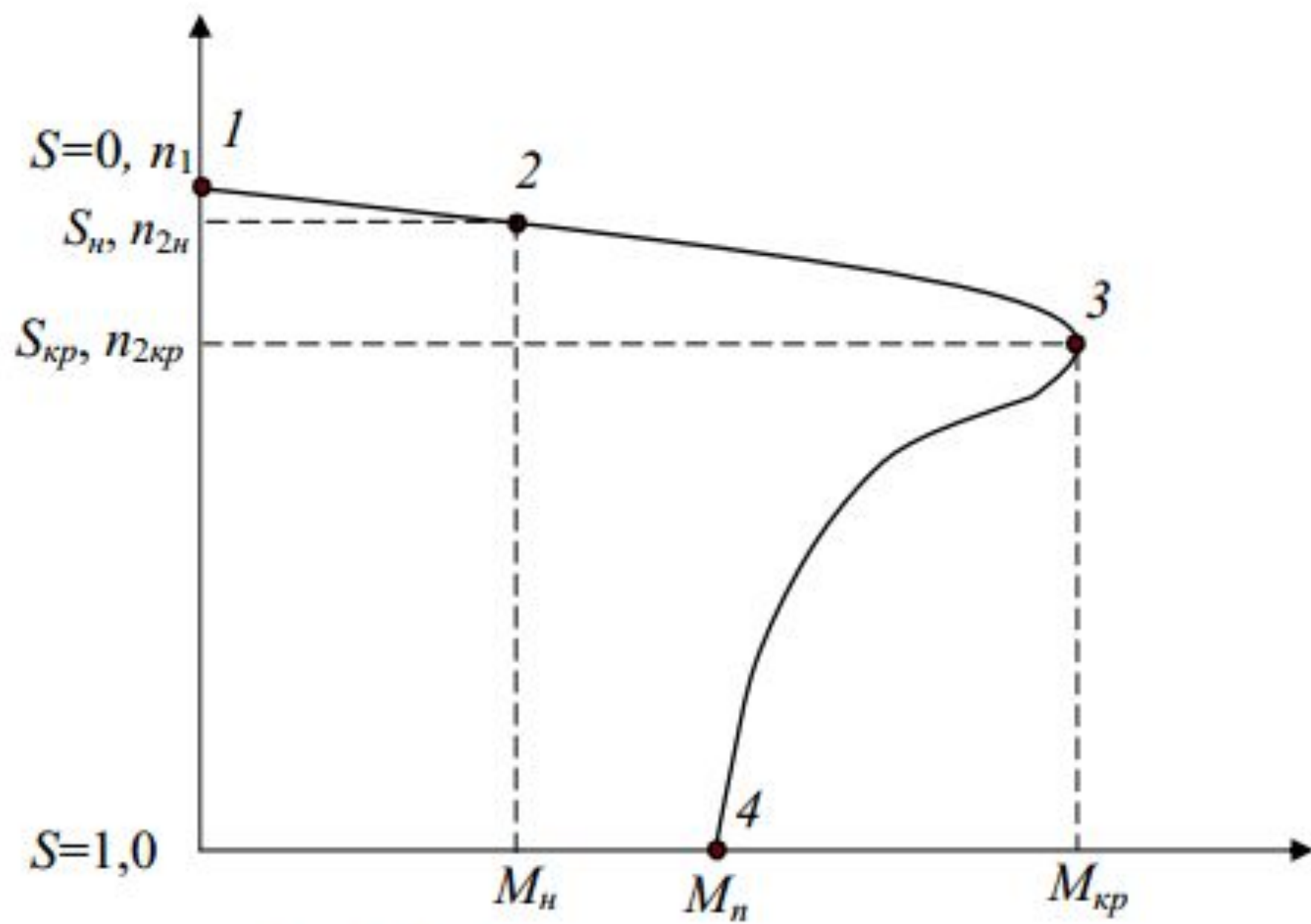
Зависимость вращающего момента от скольжения (механическая характеристика двигателя)

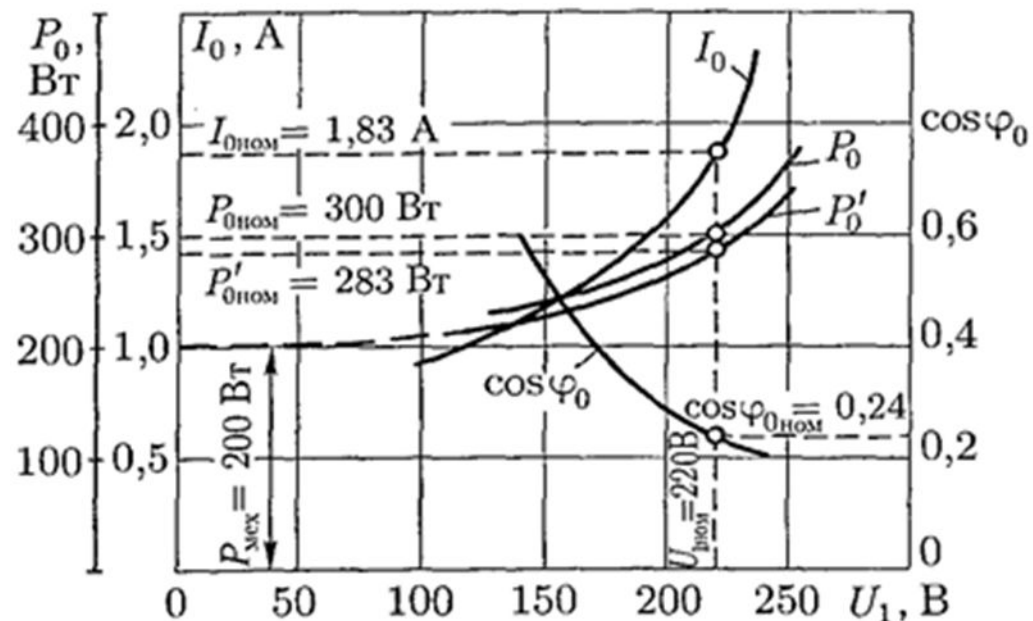
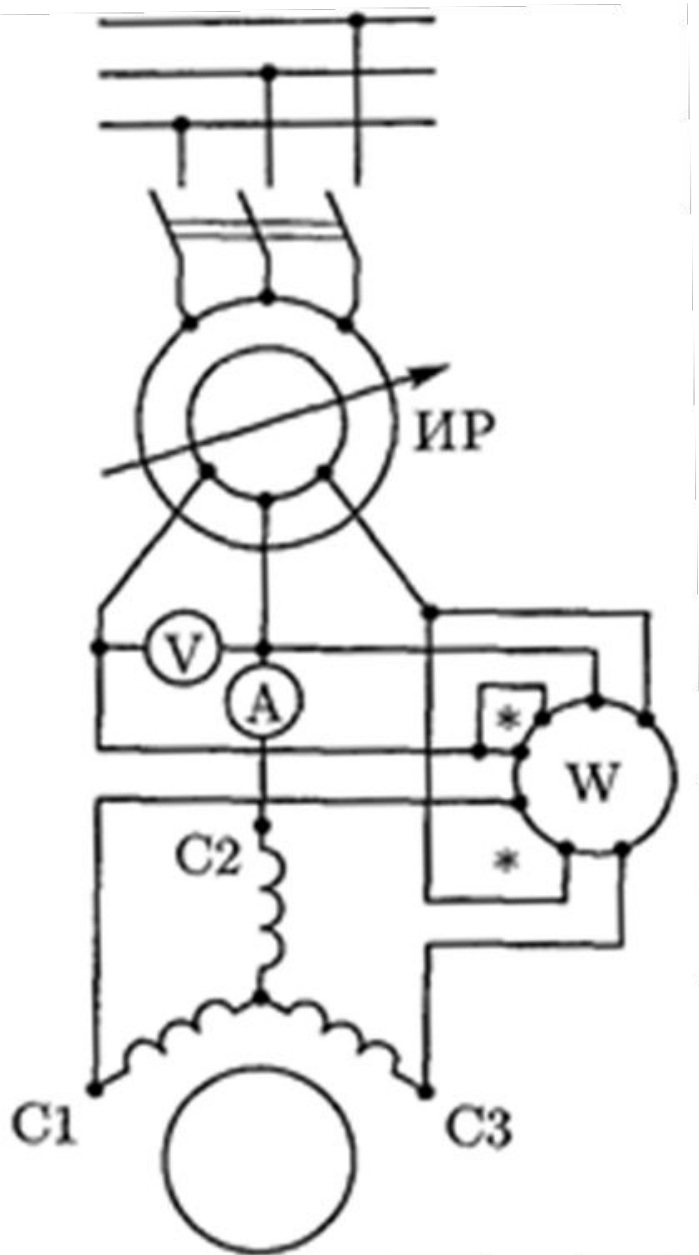


Зависимость вращающего момента от сопротивления цепи ротора R_2



Зависимость вращающего момента от напряжения, подводимого к двигателю





Для асинхронных двигателей с фазным ротором в опыте холостого хода определяют коэффициент трансформации напряжений между обмотками статора и ротора. Этот коэффициент с достаточной точностью может быть определен по отношению средних арифметических линейных (междуфазовых) напряжений статора к аналогичным напряжениям ротора.

$$\cos \varphi_K = P_K / (m_1 U_K I_K);$$

$$z_K = U_K / I_K;$$

$$r_K = z_K \cos \varphi_K;$$

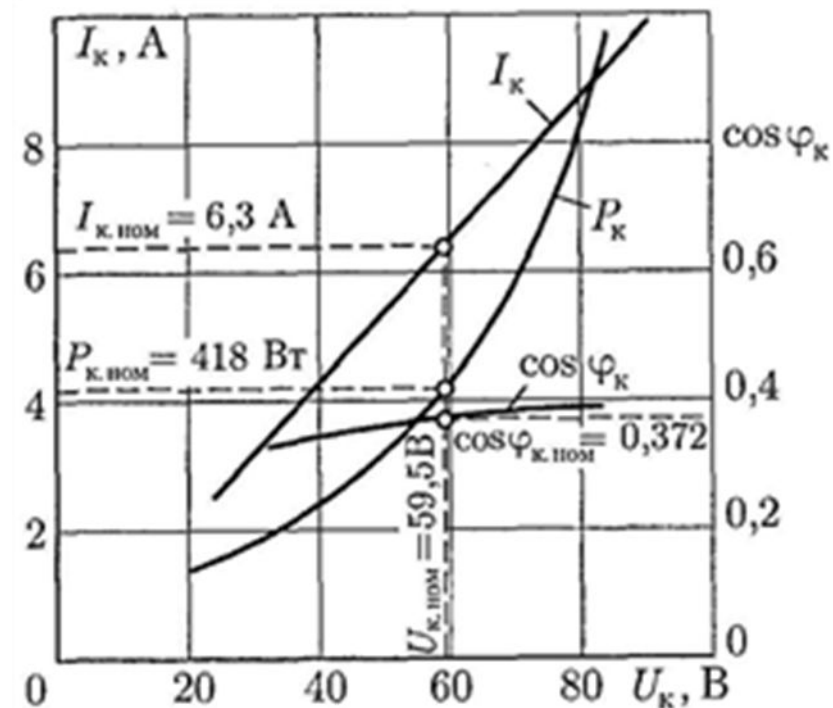
$$x_K = \sqrt{z_K^2 - r_K^2}.$$

Температуру θ ($^{\circ}\text{C}$) обмотки обычно определяют по сопротивлению фазы r_1' , измеренному непосредственно после проведения опыта, по формуле

$$\theta_1 = [(r_1' - r_{1.20})(255 / r_{1.20})] + 20,$$

$$r_K = r_K' [1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)],$$

$$z_K = \sqrt{r_K^2 + x_K^2}$$



где $r_{1.20}$ — сопротивление фазы обмотки статора в холодном состоянии (обычно при температуре 20°C), Ом.

где r_K' — активное сопротивление короткого замыкания при температуре θ_1 , отличающейся от расчетной рабочей; $\alpha = 0,004$.

Пусковые свойства асинхронного двигателя оцениваются его пусковыми характеристиками:

- а) величиной пускового тока I_p или его кратностью $I_p / I_{1н}$;
- б) величиной пускового момента M_p или его кратностью M_p / M_n ;
- в) продолжительностью и плавностью пуска двигателя в ход;
- г) экономичностью пусковой операции (стоимость и надежность пусковой аппаратуры).

$$\dot{I}'_2 = \frac{\dot{U}_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2}}$$

$$M_n = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r'_2 \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot s \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]}$$

Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей

Пусковые свойства АД определяются значениями пускового тока $I_{\text{п}}$ и пускового момента $M_{\text{п}}$:

В момент
пуска $S = 1$

$$I_{\text{п}} = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$M_{\text{п}} = \frac{m_1 U_1^2 r_2' p}{2\pi f_1 [(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2]}$$

Два пути улучшения пусковых свойств АД:

- 1) Уменьшение $U_1 \Rightarrow$ снижение $I_{\text{п}}$ и $M_{\text{п}}$
- 2) Увеличение $r_2' \Rightarrow$ снижение $I_{\text{п}}$ и увеличение $M_{\text{п}}$

Пуск асинхронных двигателей с к. з. ротором

а) пуск непосредственным включением в сеть:

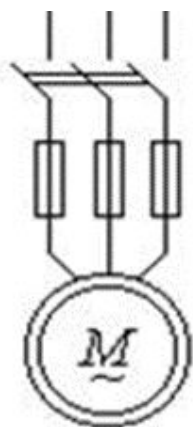
пусковой ток $I_{\text{п}} = (5 \div 7) I_{\text{н}}$, но значительный $M_{\text{п}}$

Применяется в АД мощностью до (30÷50) кВт

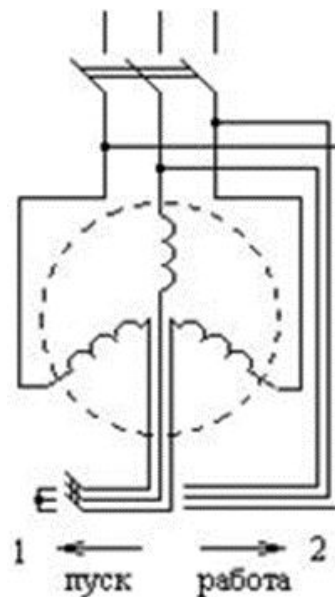
Пуск двигателя с короткозамкнутым ротором

На практике широко используются следующие типы запуска двигателя:

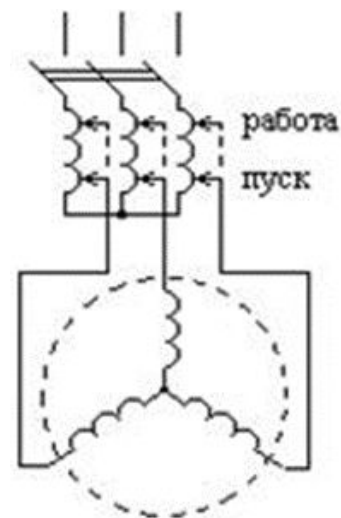
прямой пуск;



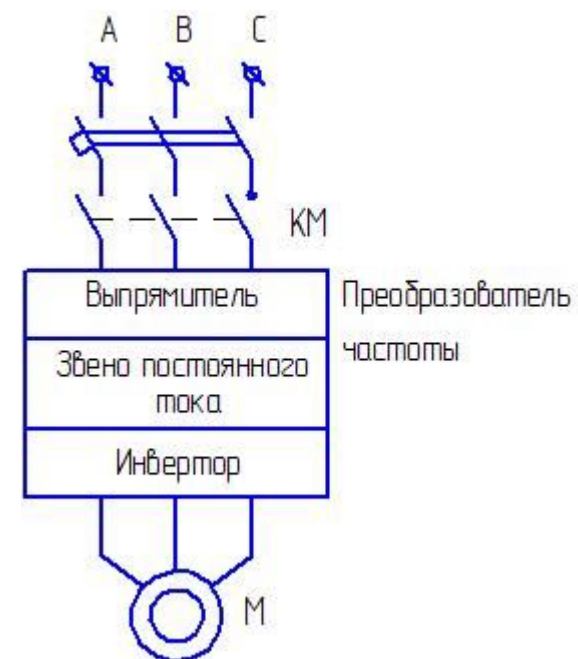
звезда-треугольник;

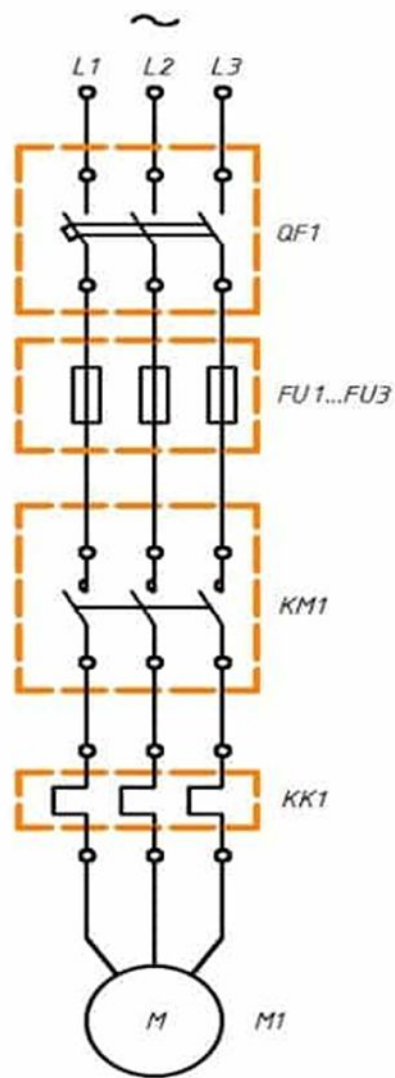


плавный пуск;

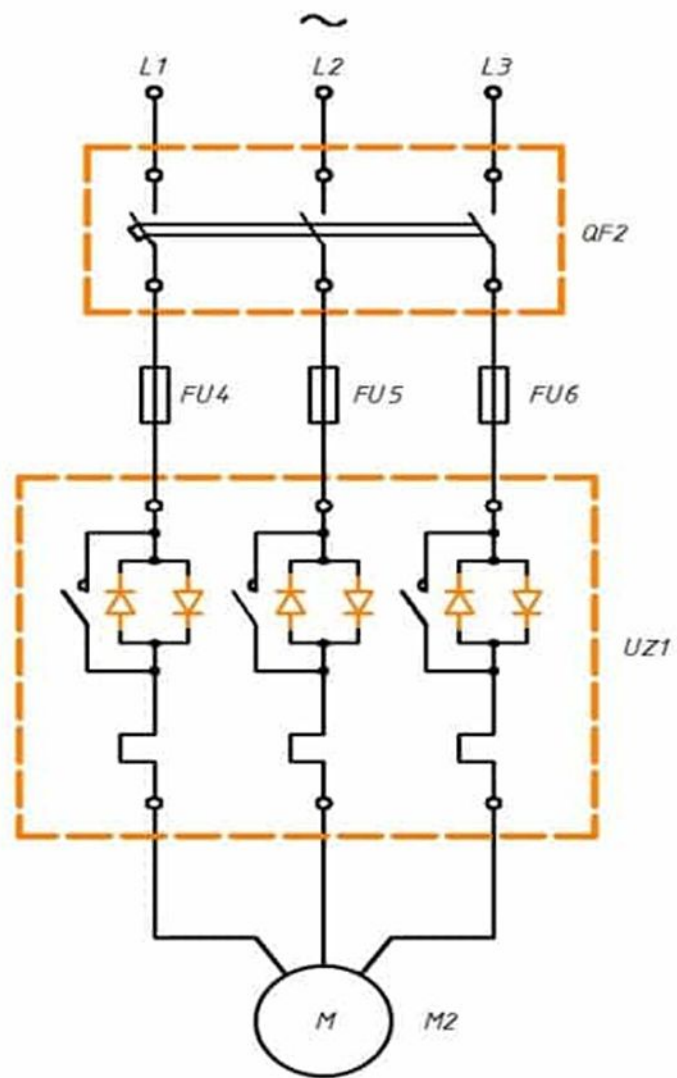


частотное регулирование;

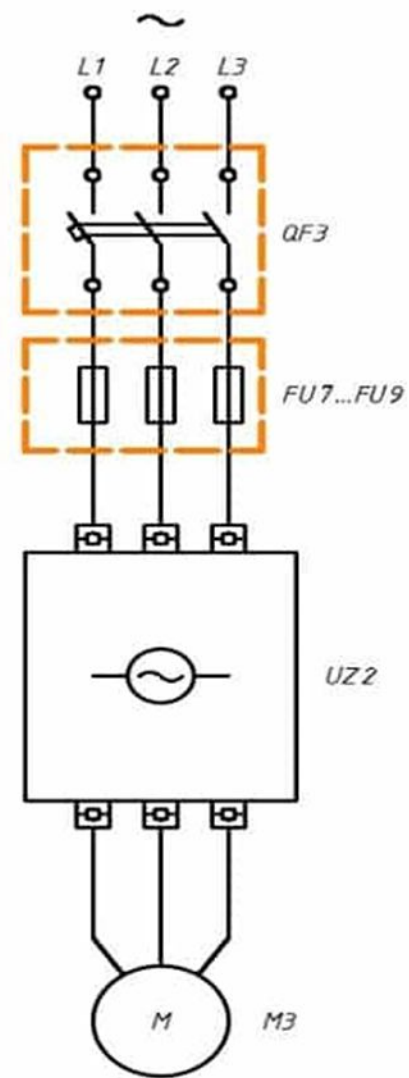




Прямого пуска

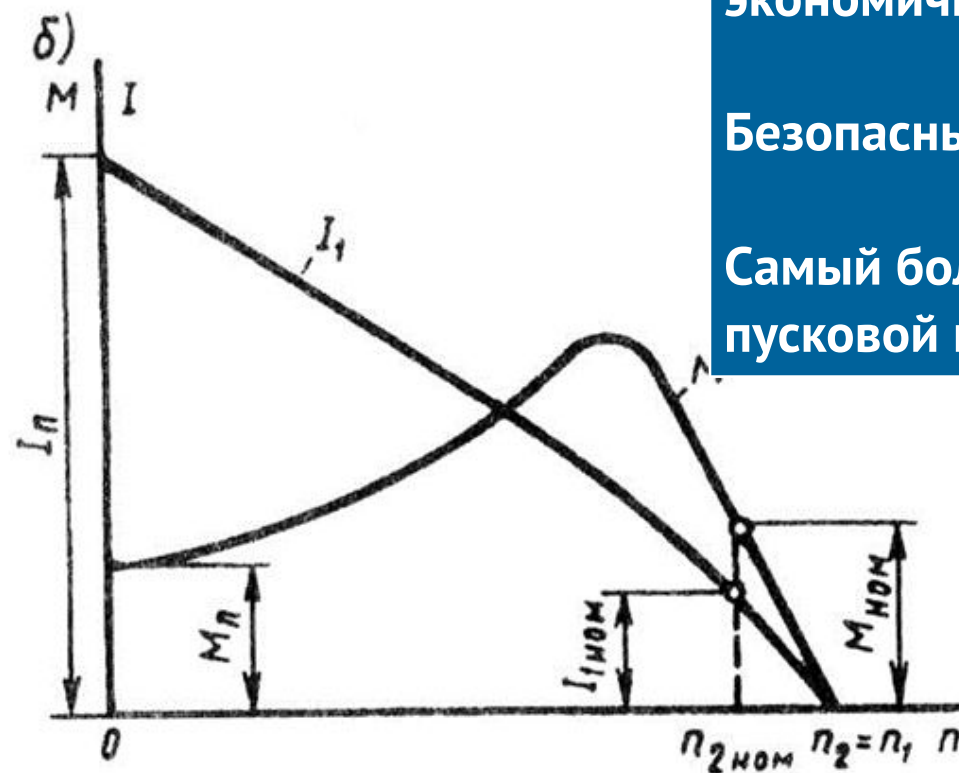
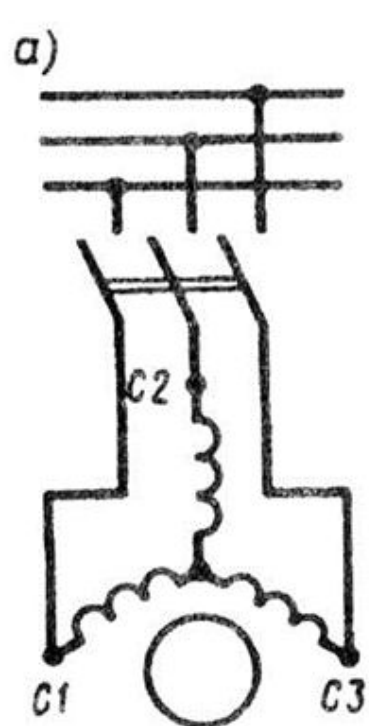


Плавного пуска



Через частотный преобразователь

Пуск непосредственным включением в сеть



Преимущества

Простой и экономичный.

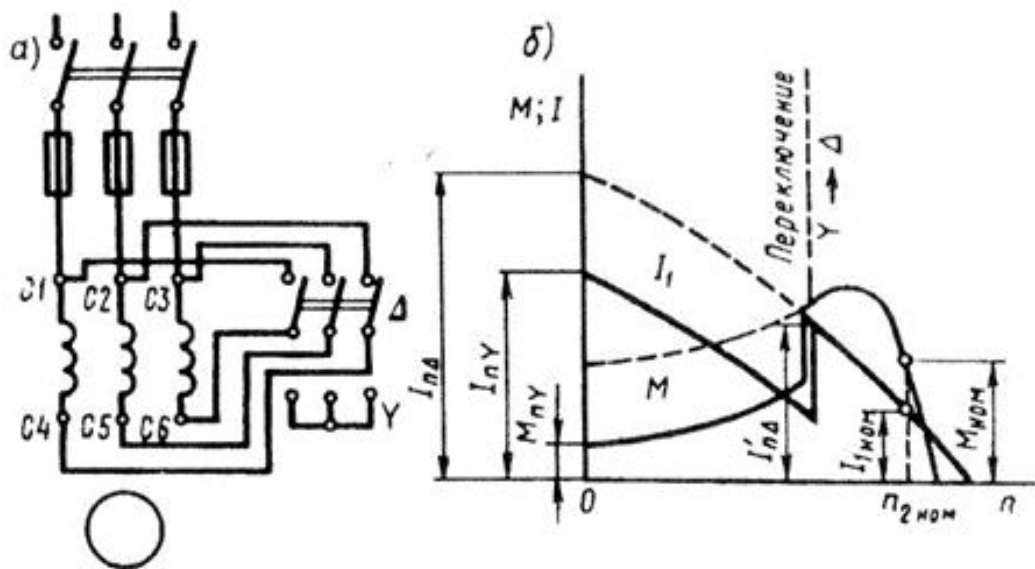
Безопасный запуск

Самый большой пусковой момент

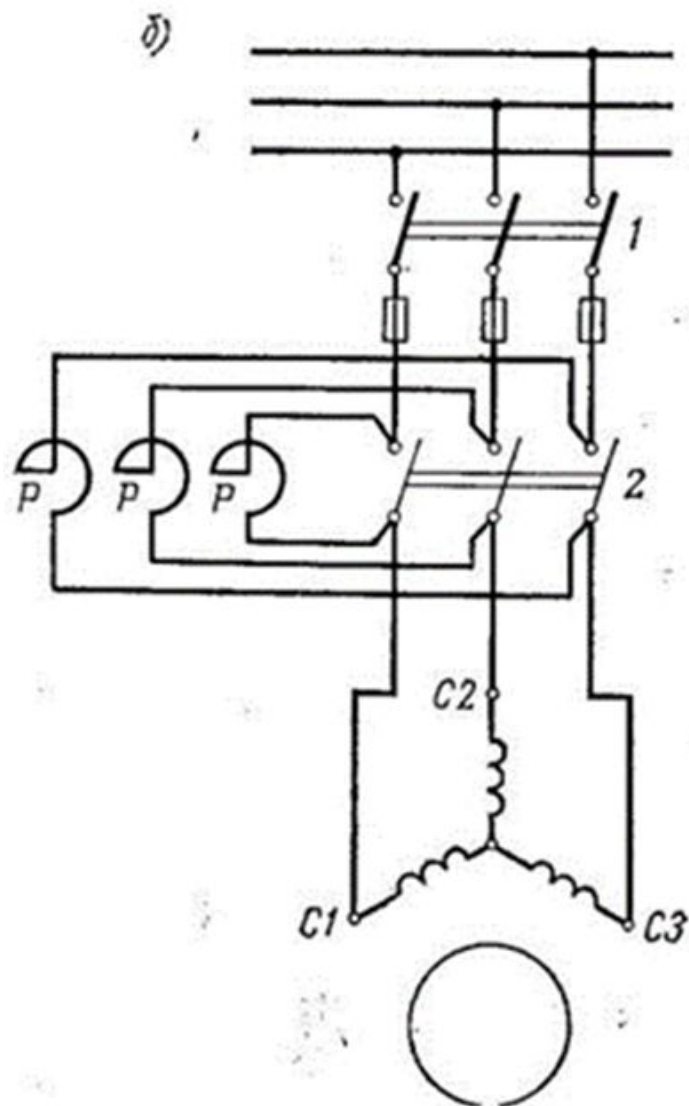
Недостатки

Высокий пусковой ток

Пуск при пониженном напряжении.



Преимущества	Недостатки
Уменьшение пускового тока в три	Скачки тока при переключении «звезда – треугольник».
	Не подходит, если нагрузка без инерционная.
	Пониженный пусковой



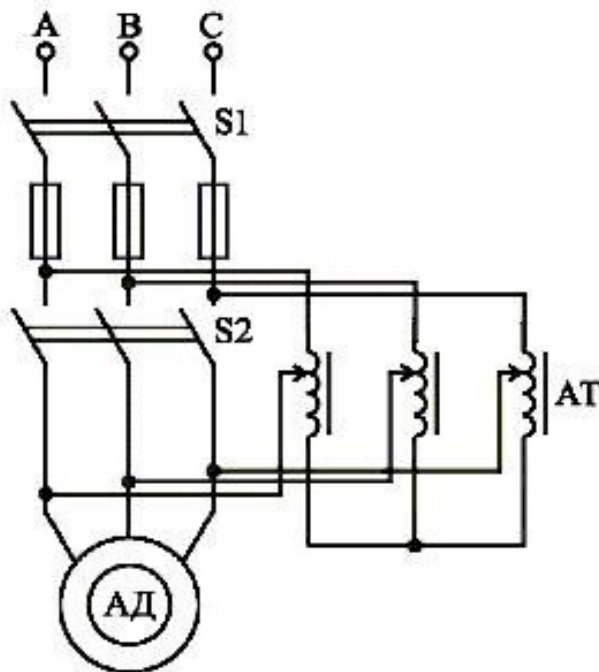
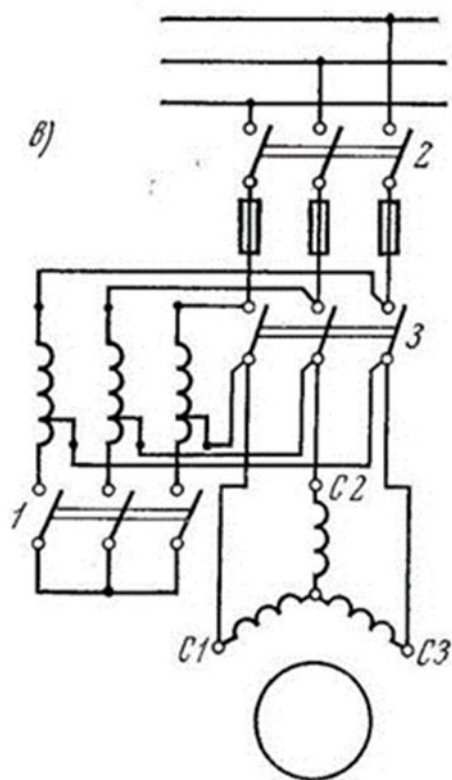
Преимущества

Отсутствуют скачки тока.

Уменьшение пускового тока на требуемую величину, обычно в 2-3 раза.

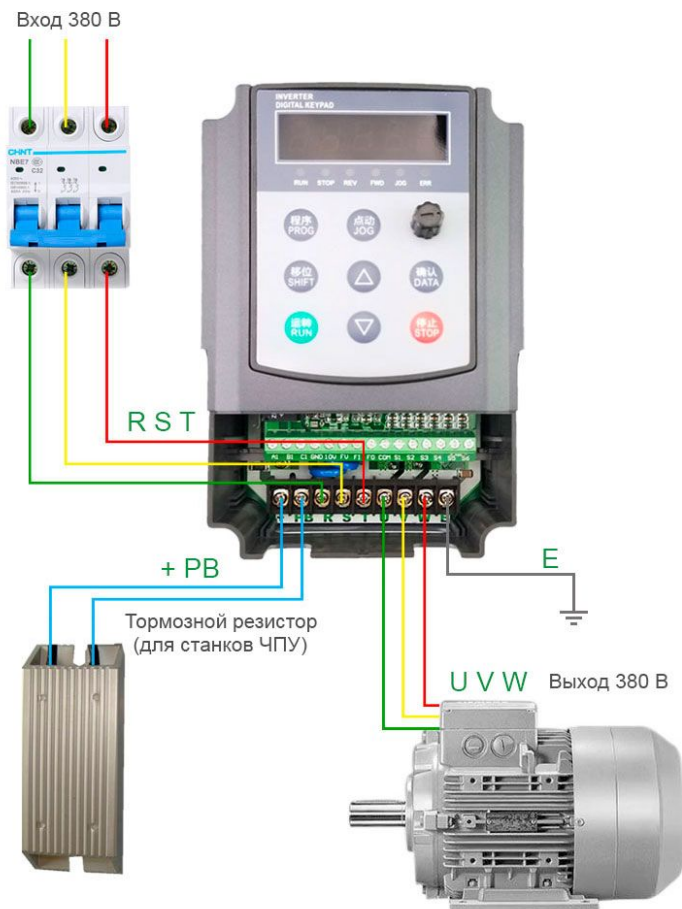
Недостатки

Пониженный пусковой момент.



Преимущества	Недостатки
Уменьшение пускового тока на U^2.	Скачки тока при переходе от пониженного напряжения к номинальному напряжению. Пониженный пусковой момент.

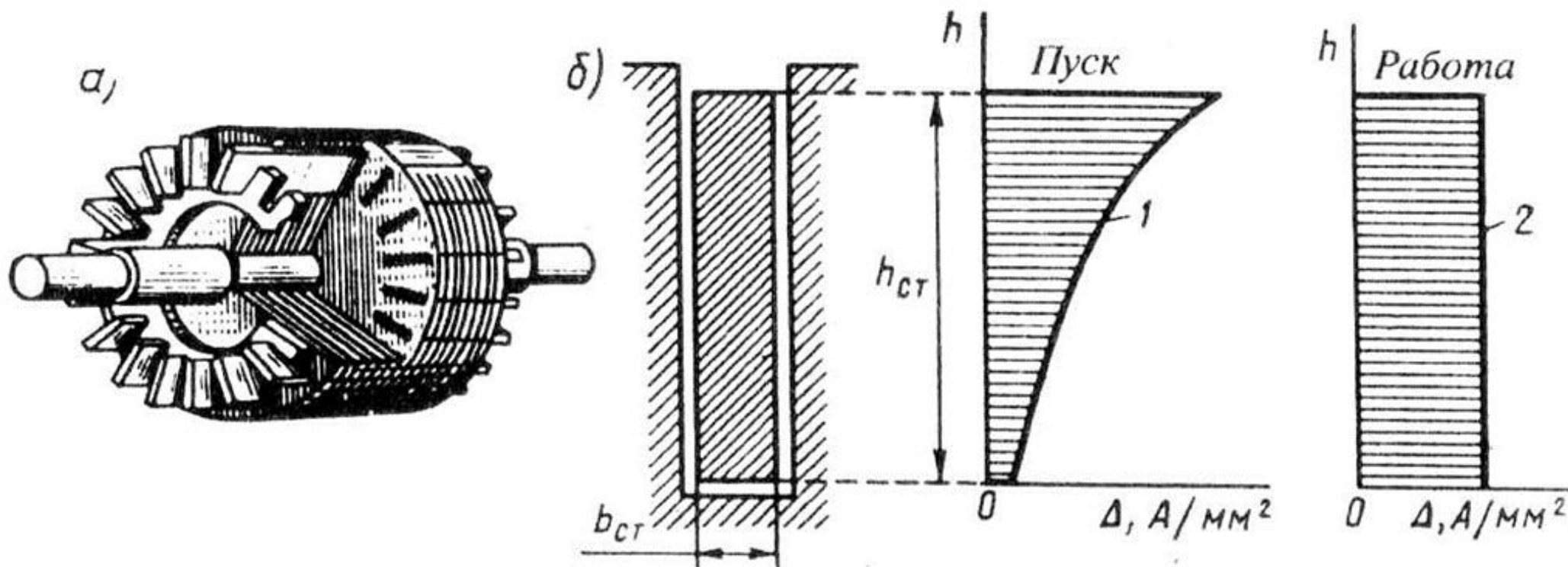
Запуск при помощи частотного преобразователя



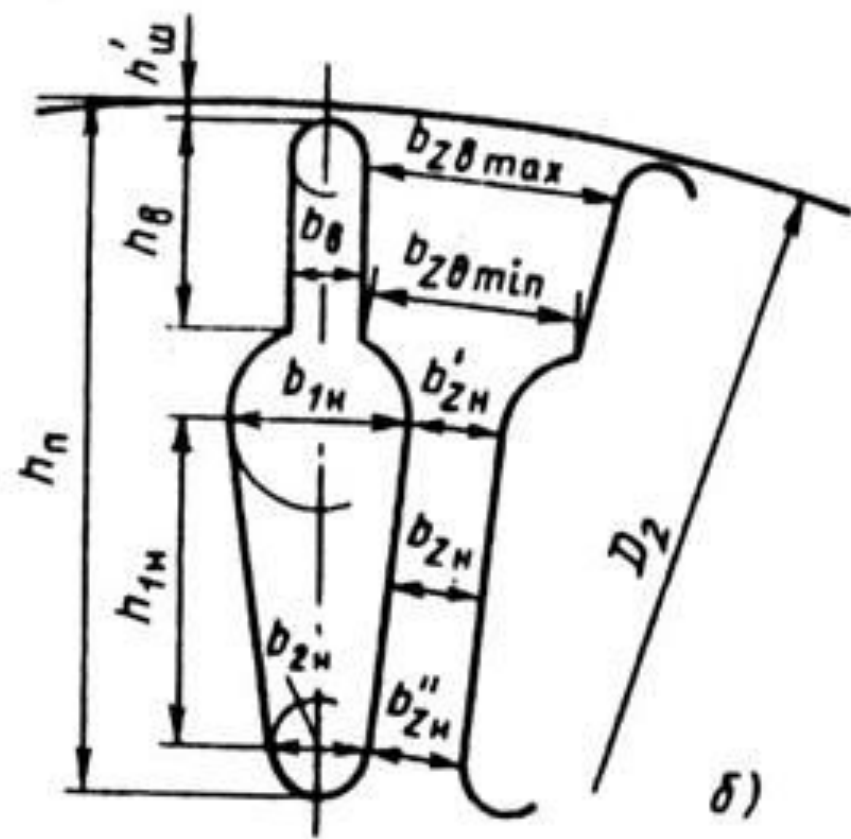
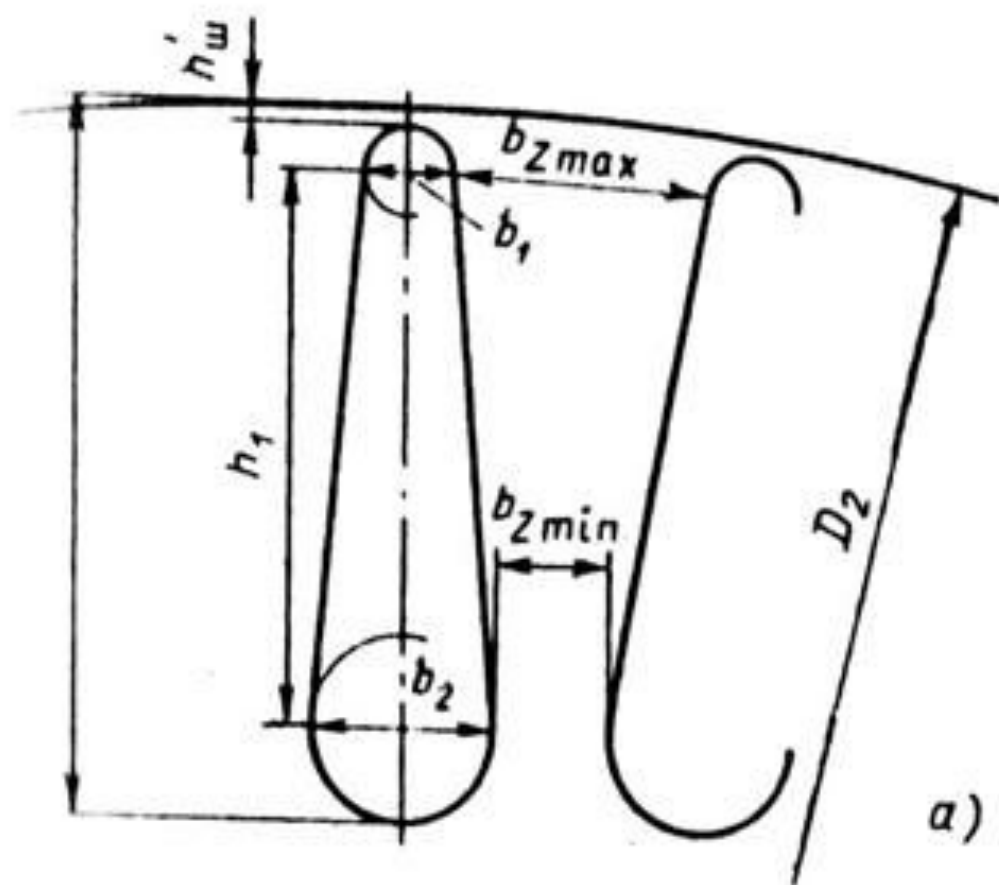
Преимущества	Недостатки
Отсутствуют скачки тока. Уменьшение пускового тока, обычно, до номинального. Напряжение питания на двигатель можно подавать постоянно.	Пониженный пусковой момент. Высокая стоимость.

Короткозамкнутые асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками

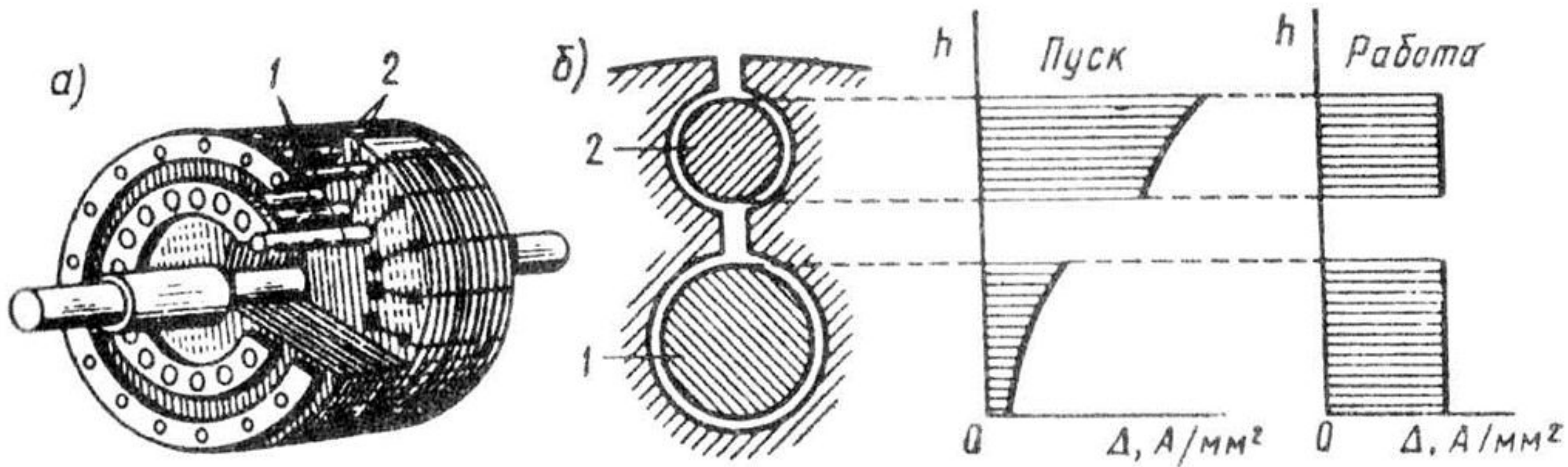
Двигатель с глубокими пазами на роторе



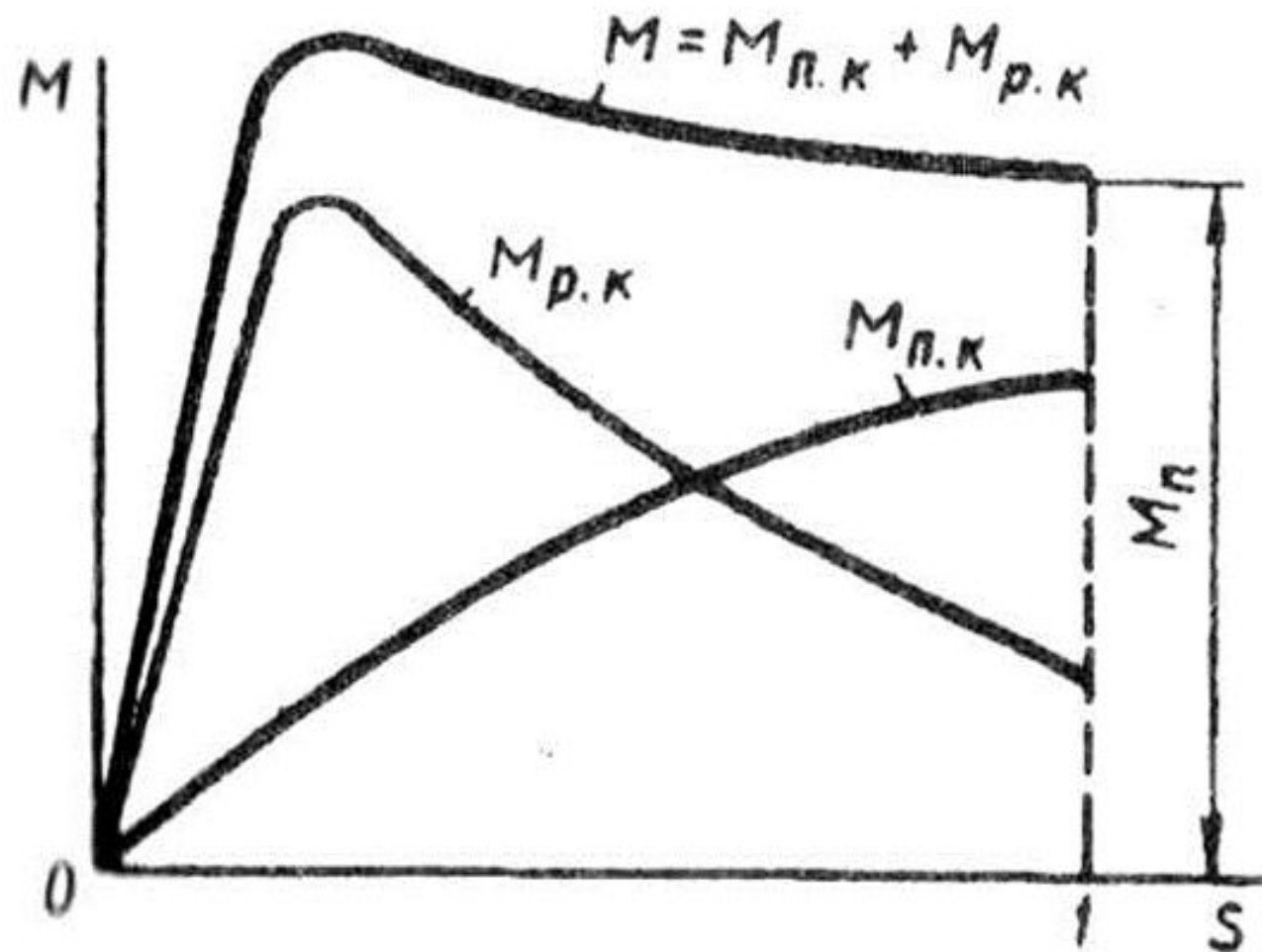
а – устройство, б – распределение плотности тока ротора по высоте стержня при пуске и при работе двигателя



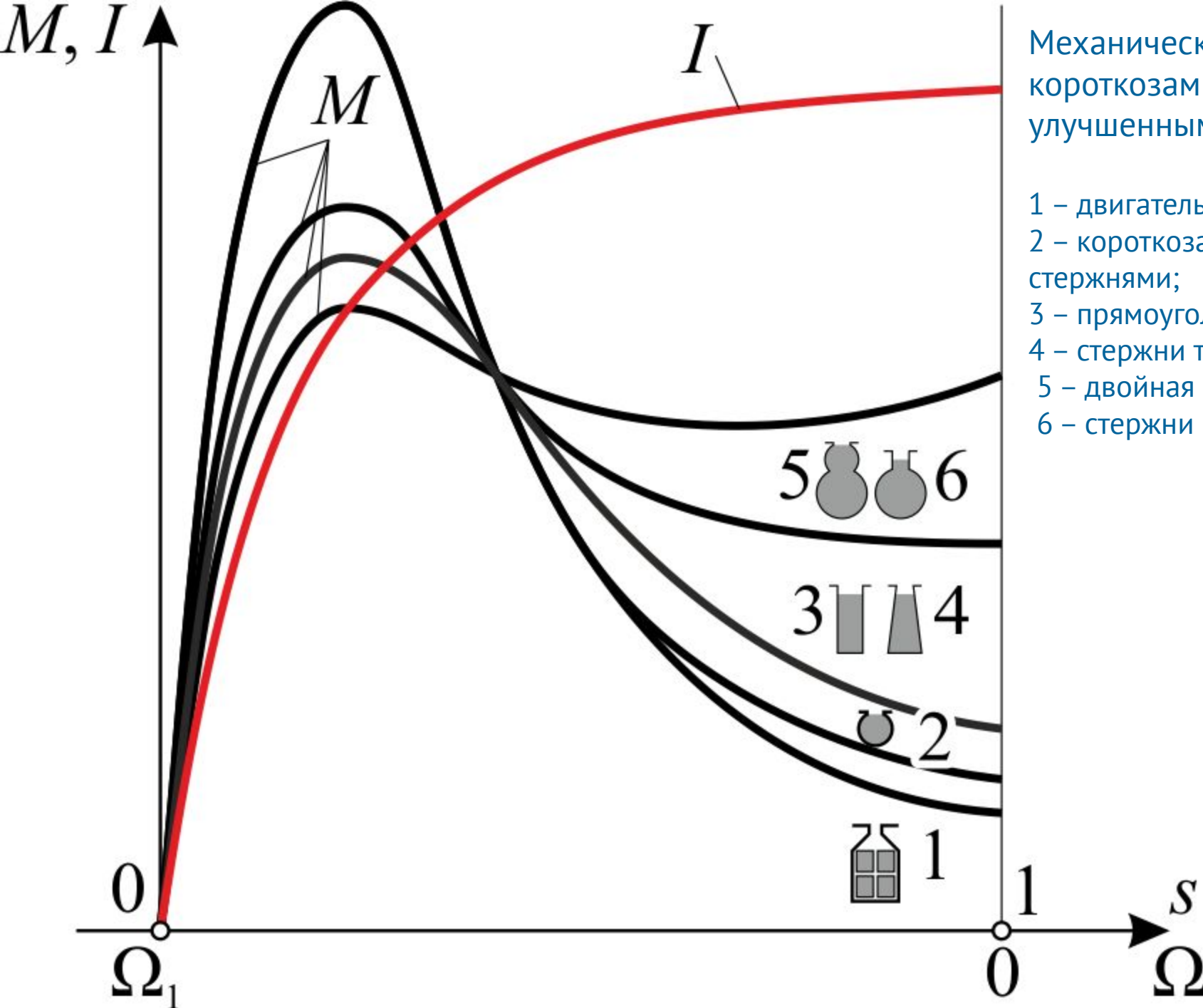
Двухклеточный ротор:



а – устройство; б – распределение плотности тока в рабочей и пусковой клетках при пуске и работе двигателя



Механическая характеристика двухклеточного асинхронного двигателя



Механические характеристики короткозамкнутых асинхронных двигателей с улучшенными пусковыми свойствами:

- 1 – двигатель с фазным ротором;
- 2 – короткозамкнутая обмотка с круглыми стержнями;
- 3 – прямоугольные стержни в глубоких пазах;
- 4 – стержни трапецеидального профиля;
- 5 – двойная беличья клетка;
- 6 – стержни колбообразного профиля.

Увеличение пускового момента в короткозамкнутых двигателях с улучшенными пусковыми свойствами сопровождается снижением максимального момента на 15–25 % и коэффициента мощности на 4–6 % по сравнению с двигателями с круглыми пазами на роторе по причине связи с возрастания индуктивного сопротивления рассеяния обмотки ротора.

Пуск двигателей с фазным ротором

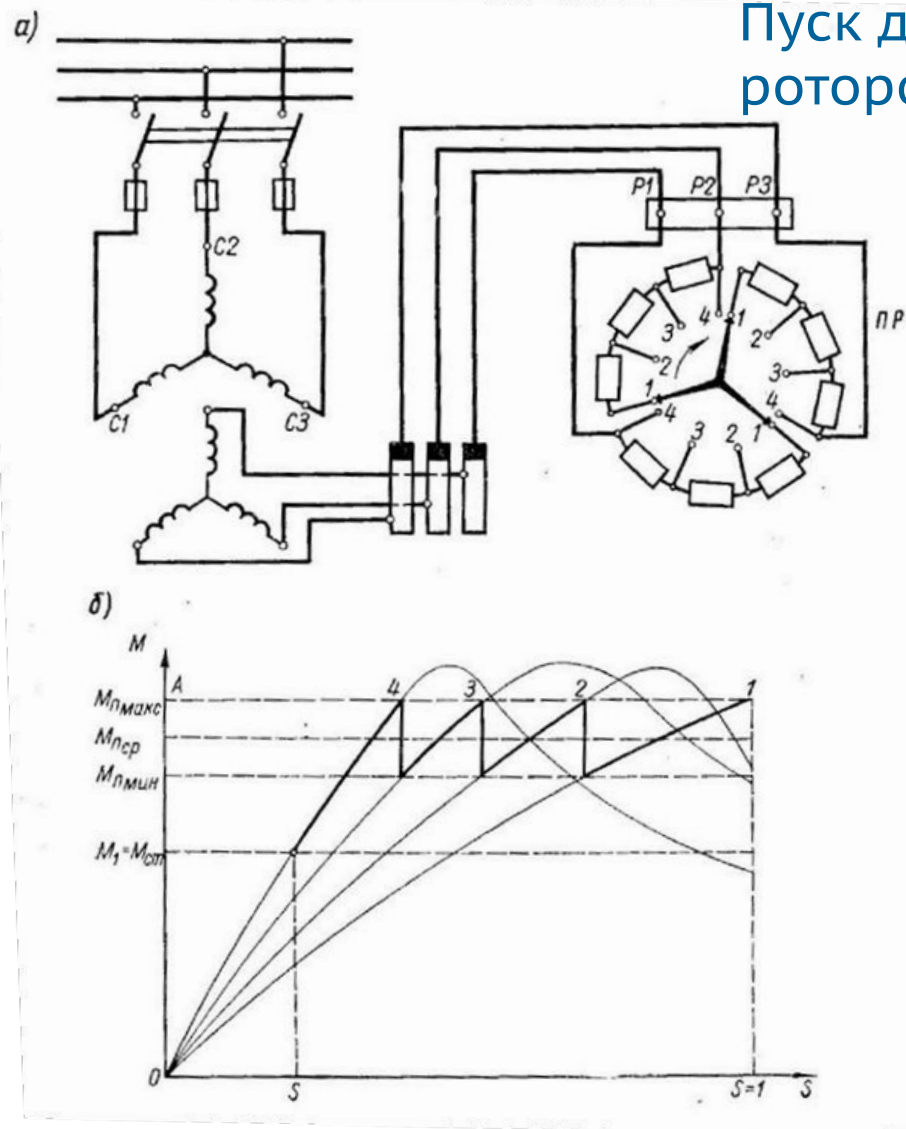
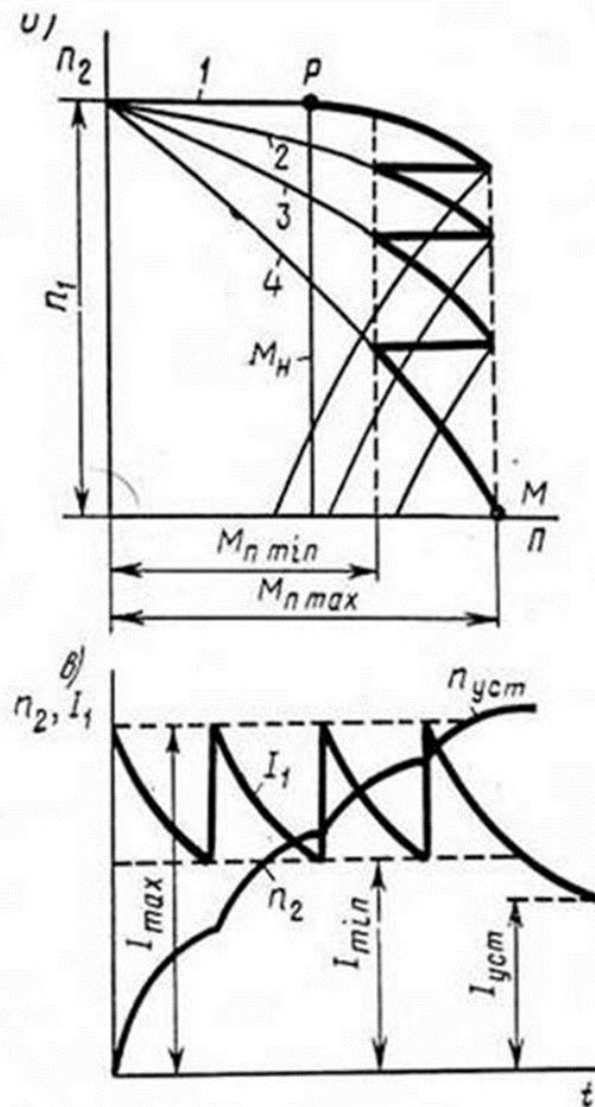
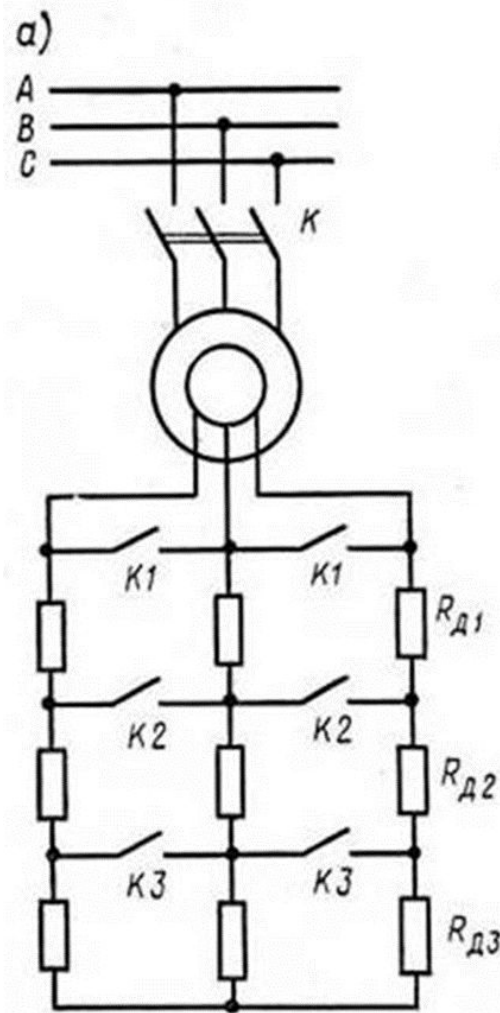


Схема включения пускового реостата (а) и построение графика пускового момента (б)



Классификация способов регулирования асинхронных двигателей



Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей

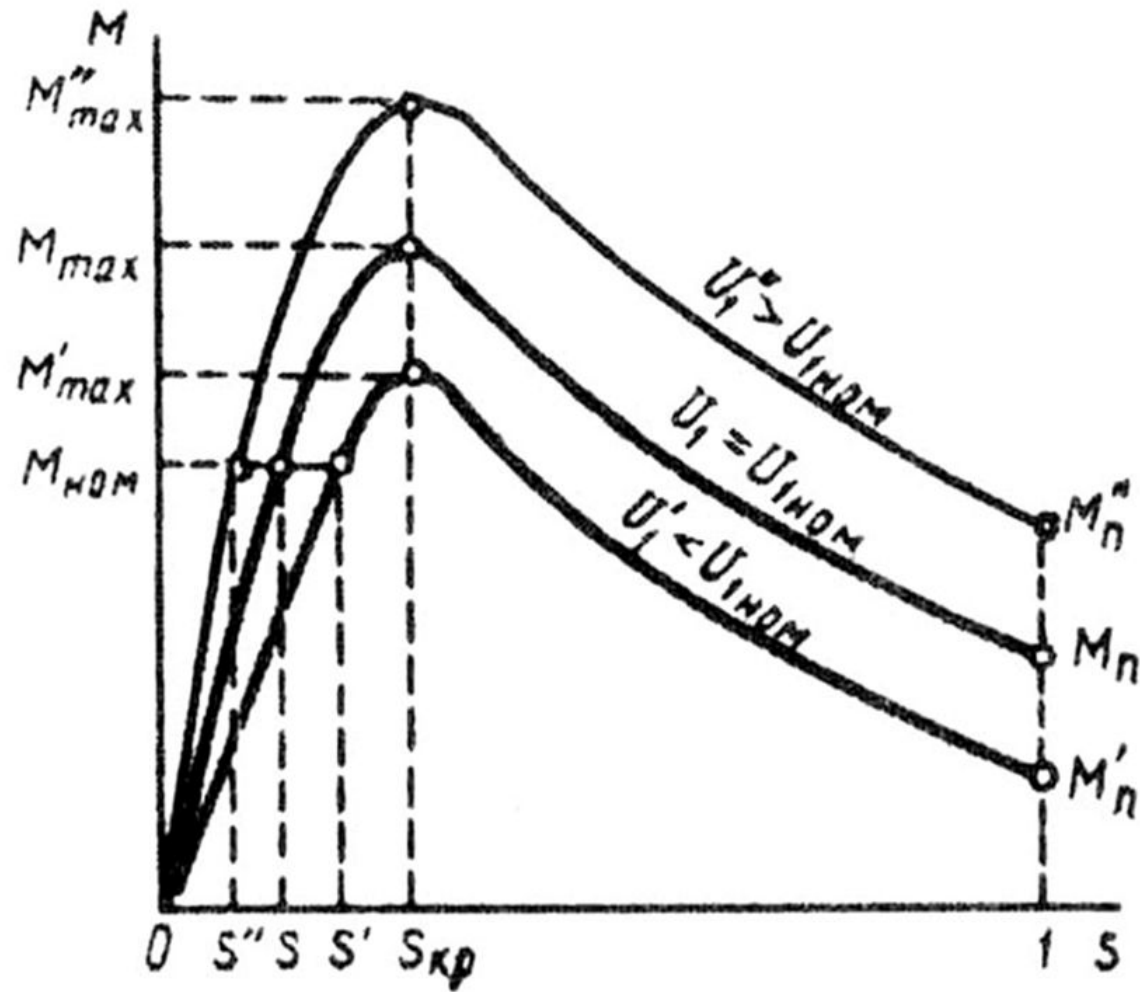
$$n_2 = n_1(1 - s) = (f_1 60 / p)(1 - s).$$

Регулирование частоты вращения изменением скольжения s возможно тремя способами:

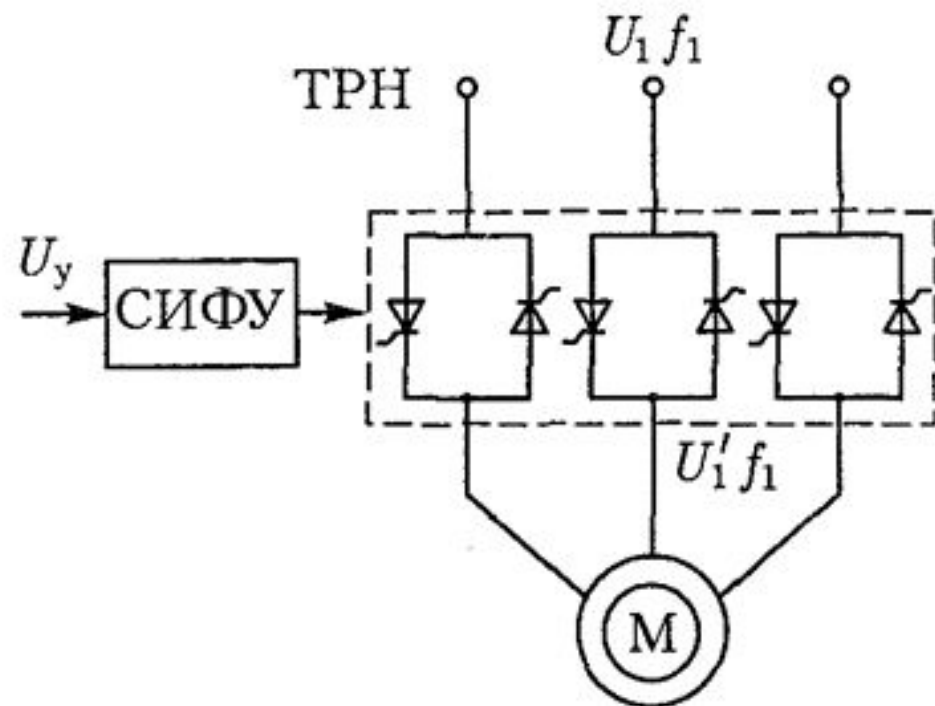
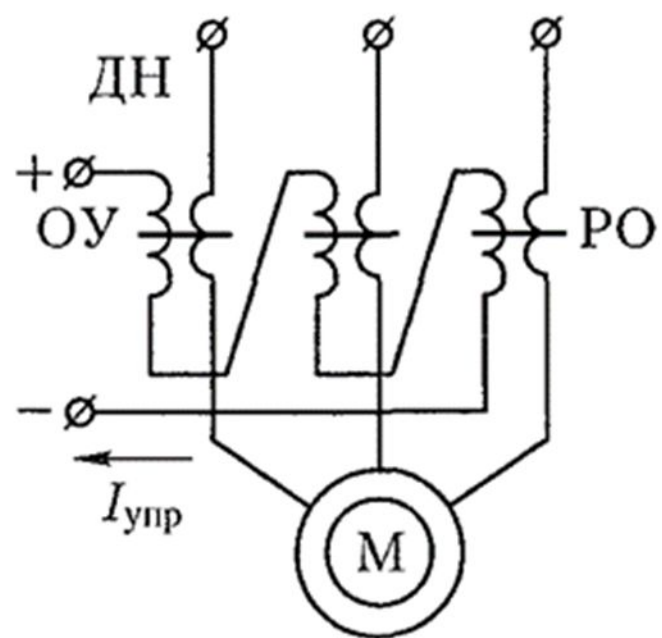
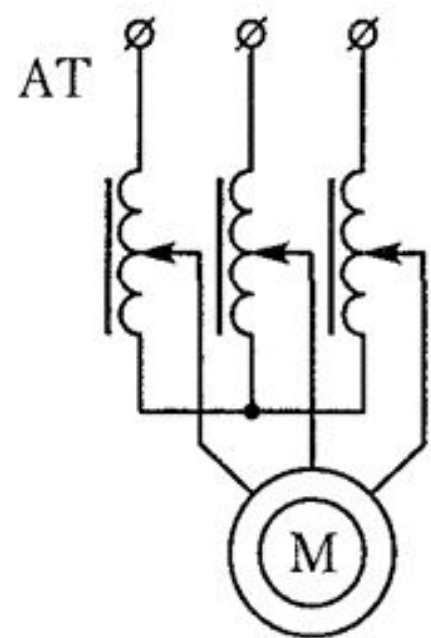
- изменением подводимого к обмотке статора напряжения,
- нарушением симметрии этого напряжения
- изменением активного сопротивления обмотки ротора.

Регулировка частоты вращения изменением скольжения происходит только в нагруженном двигателе. В режиме холостого хода скольжение, а, следовательно, и частота вращения остаются практически неизменными, мало отличающимися от синхронной частоты вращения.

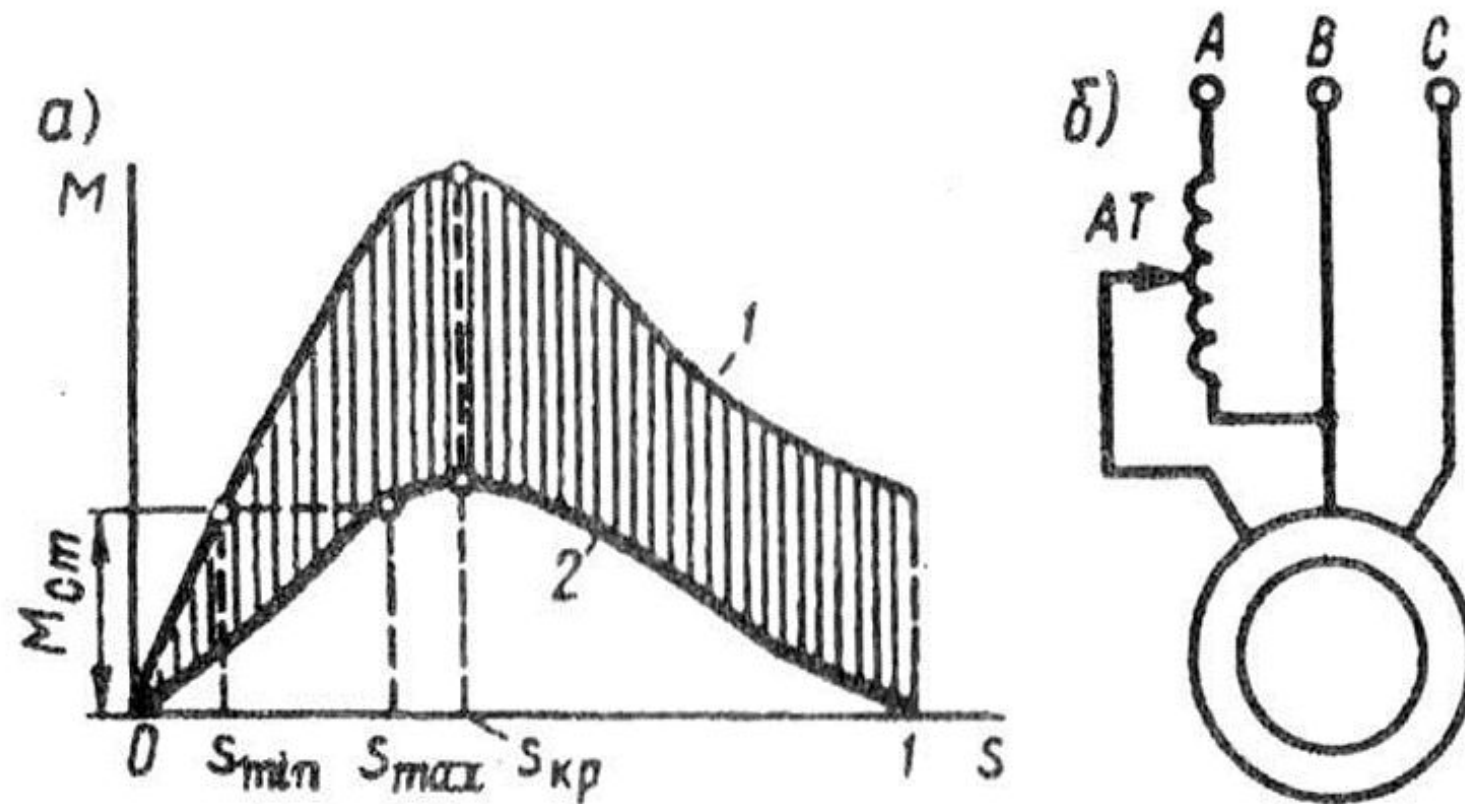
Регулирование частоты вращения изменением подводимого напряжения.



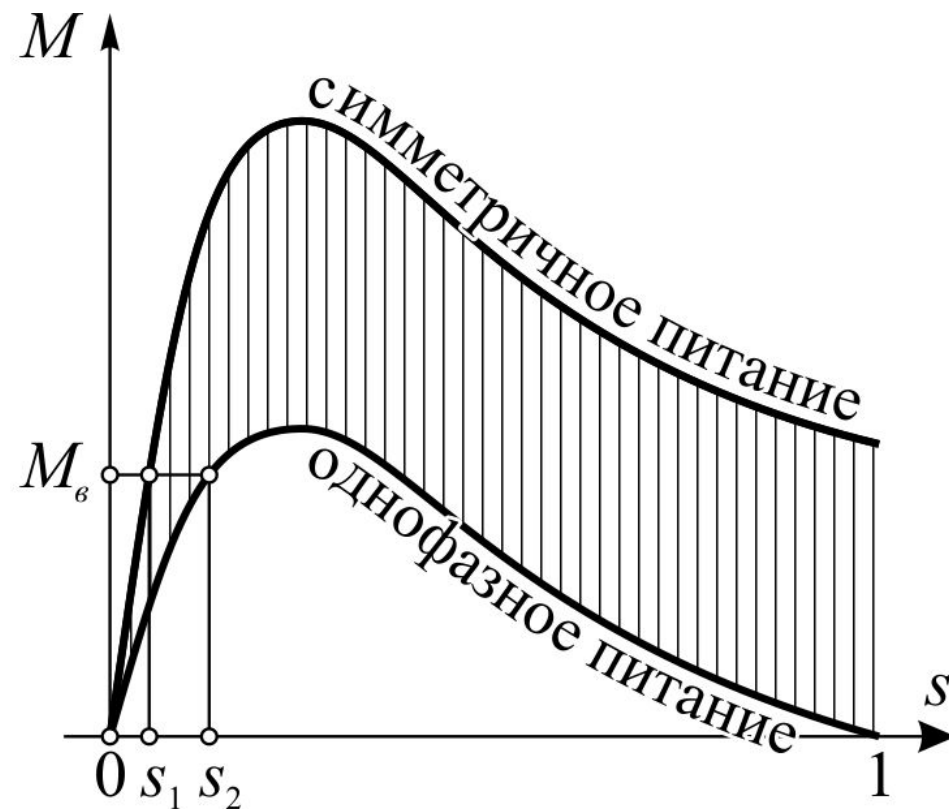
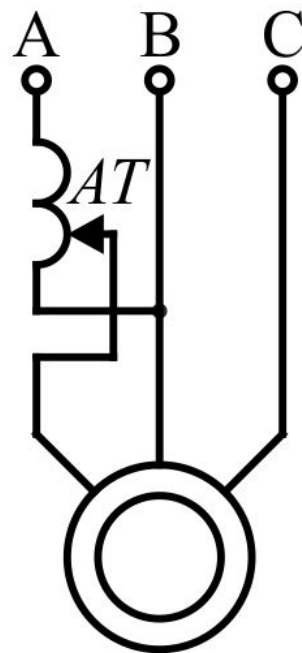
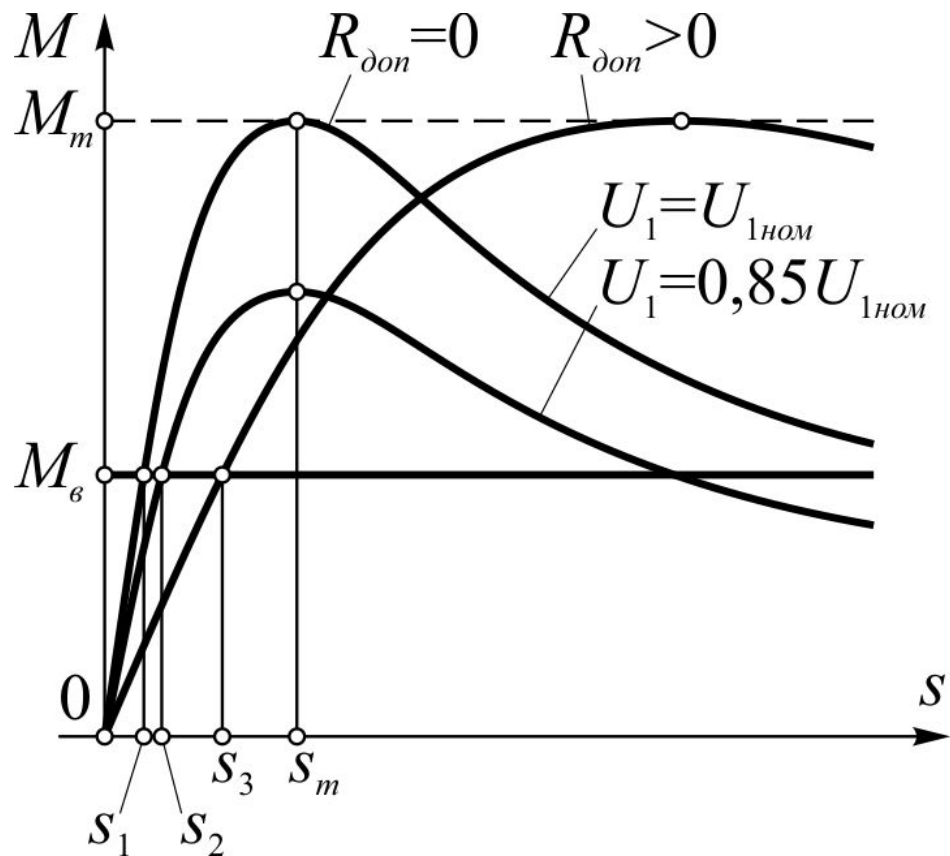
Влияние напряжения на вид механической характеристики асинхронного двигателя



Регулирование частоты вращения нарушением симметрии подводимого напряжения.

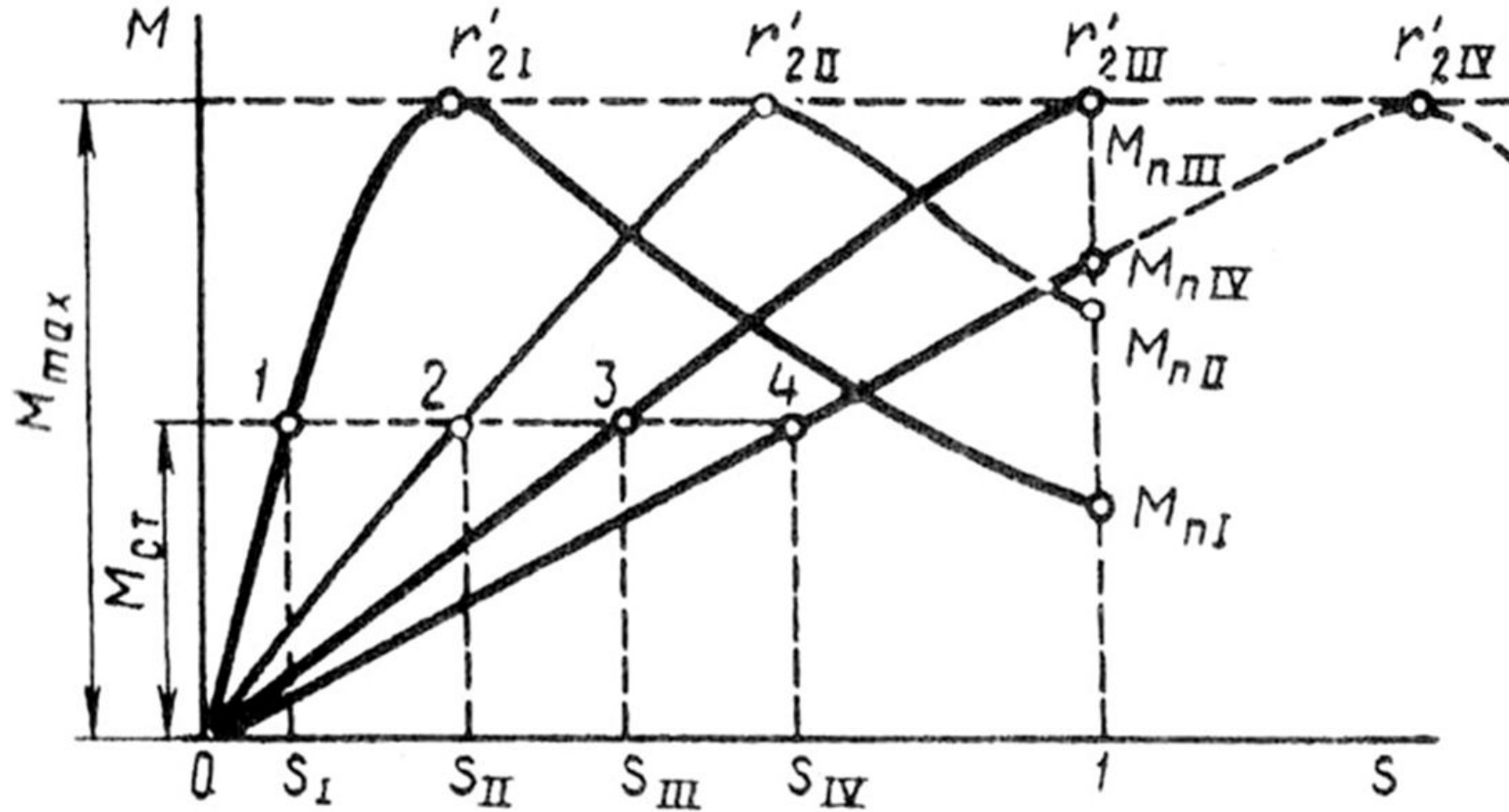


Механические характеристики (а) и схема включения (б) асинхронного двигателя при регулировании частоты вращения изменением симметрии трехфазной системы



Механические характеристики при регулировании частоты вращения ротора изменением подводимого напряжения, введением в цепь обмотки ротора дополнительного активного сопротивления, искажением симметрии напряжений статора.

Регулирование частоты вращения изменением активного сопротивления в цепи ротора.



Влияние активного сопротивления обмотки ротора на механическую характеристику асинхронного двигателя

Регулирование частоты вращения изменением частоты тока в статоре.

закона изменения момента нагрузки и определяется уравнением

$$U'_1/U_1 = (f'_1/f_1) \sqrt{M'/M}$$

где U_1 и M – напряжение и момент при частоте f_1 ; U'_1 и M' -напряжение и момент при частоте f'_1 .

частота вращения двигателя регулируется при условии постоянства момента нагрузки

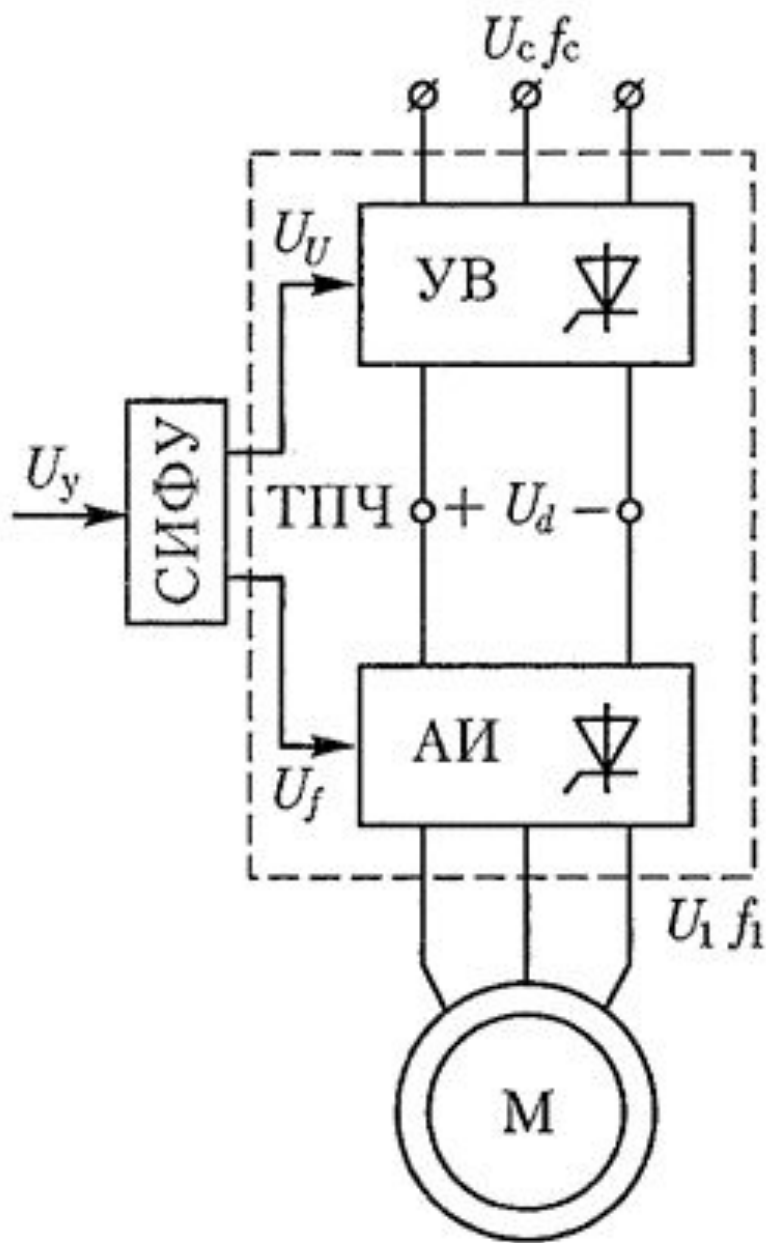
$$M = M' = \text{const}$$

$$U'_1 = U_1 f'_1/f_1$$

регулирование при условии постоянства мощности двигателя

$$P_{эм} = M\omega_1 = \text{const}$$

$$U'_1 = U_1 \sqrt{f'_1/f_1}$$



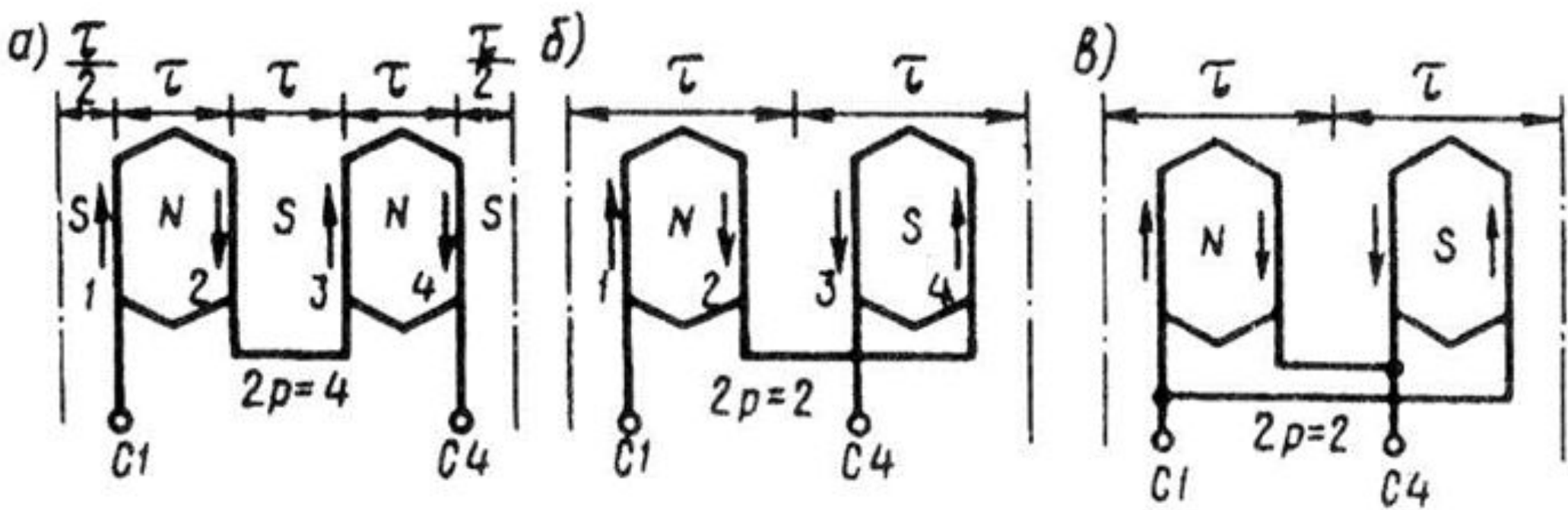
Наибольшее применение для частотного регулирования асинхронных двигателей получили *тиристорные преобразователи частоты ТПЧ*. Обычно такой преобразователь состоит из управляемого выпрямителя УВ и автономного инвертора АИ. Оба блока построены на тиристорах, для управления которыми используется система импульсно-фазового управления СИФУ

Управляющий сигнал U_y поступает на вход СИФУ из системы автоматического управления (САУ). Этот сигнал несет информацию о значениях напряжения U_1 и частоты f_1 , которые необходимо подать на обмотку статора, чтобы обеспечить требуемый режим работы двигателя. На выходе СИФУ образуются сигналы U_U и U_f . Сигнал U_U подается на вход управляемого выпрямителя УВ и определяет напряжение постоянного тока U_d , которое подается на вход автономного инвертора АИ, чтобы на выходе ТПЧ обеспечить требуемое значение напряжения U_1 . Сигнал U_f поступает на инвертор АИ и определяет необходимое значение частоты переменного тока f_1 на выходе ТПЧ.

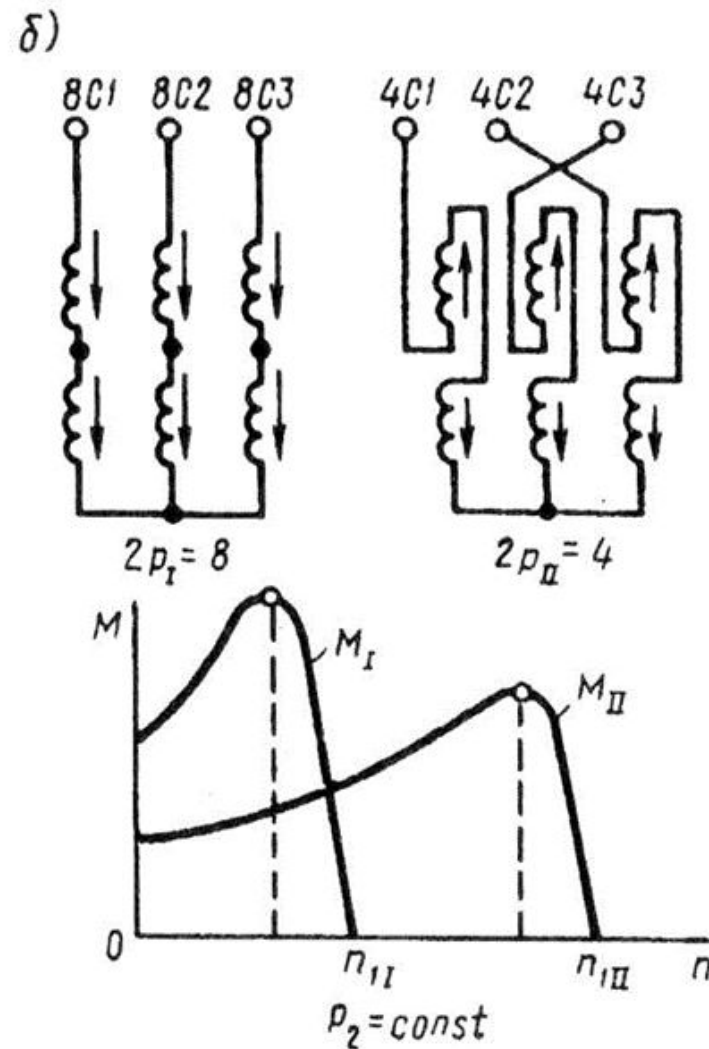
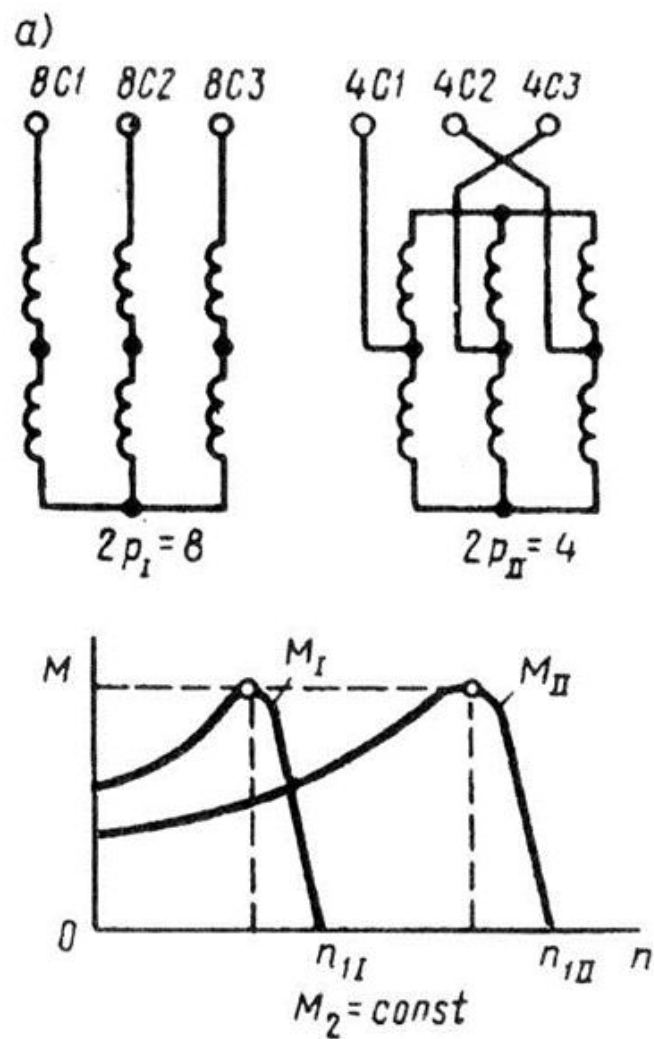
Достоинство: обеспечивает плавное регулирование частоты в требуемом диапазоне.

Основной недостаток — некоторая несинусоидальность переменного напряжения на выходе, которая, как известно, ведет к росту потерь в двигателе.

Регулирование частоты вращения изменением числа полюсов обмотки статора

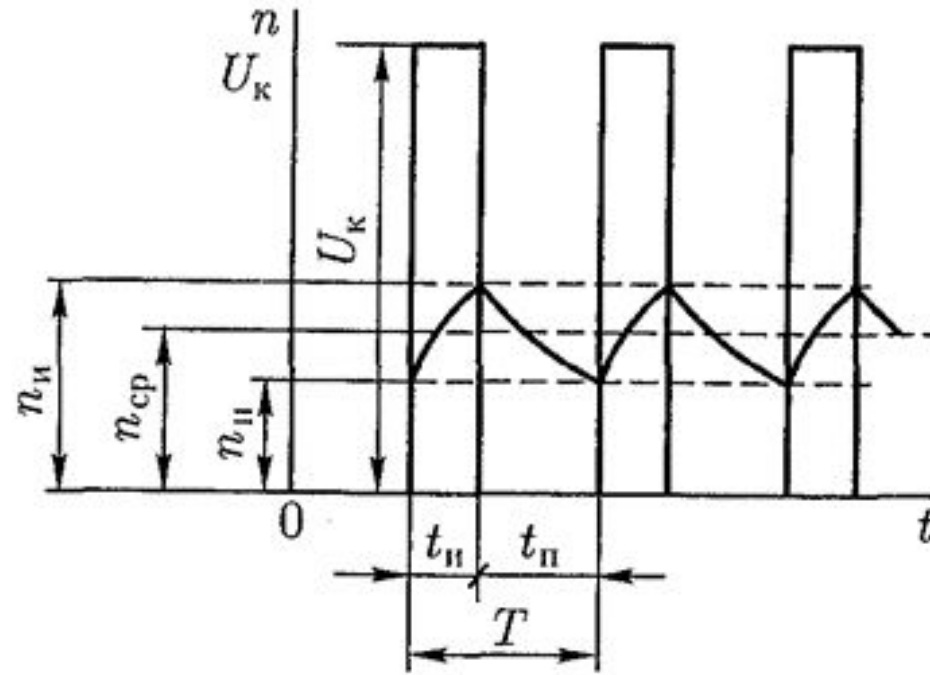
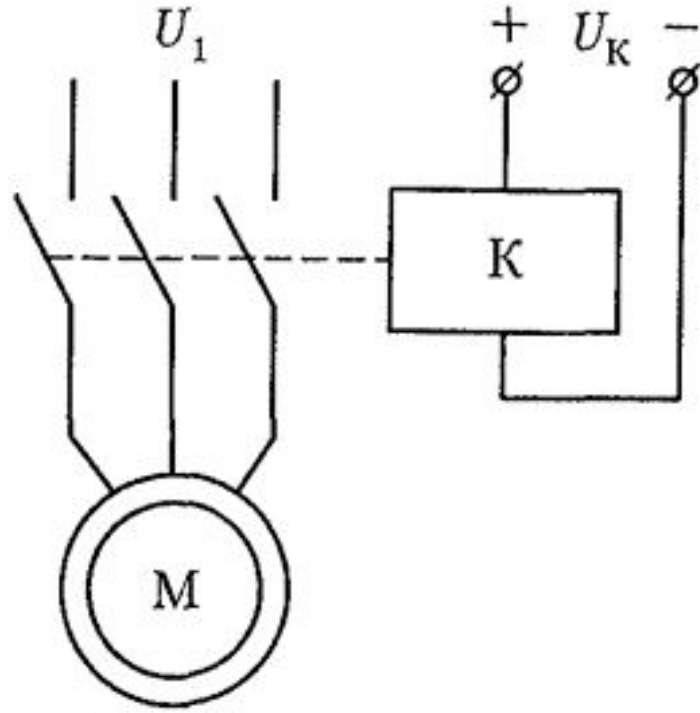


Схемы включения обмотки статора на разное число полюсов



Схемы переключения числа полюсов и механические характеристики в режимах постоянного момента (а) и постоянной скорости (б)

Импульсное регулирование частоты вращения.



Импульсное регулирование посредством контактора К не обеспечивает достаточной надежности работы привода из-за быстрого выхода из строя контактов, коммутирующих силовую цепь АД. Более надежным является применение для этого бесконтактных устройств, например тиристорного ключа.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

АИР	С	80	В	2	Е	У	3	IP 54	2,2 кВт	3000 об/мин	IM 1081
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1. серия (тип) электродвигателя
2. электрические модификации
3. габарит электродвигателя
4. длина сердечника и/или длина станины
5. количество полюсов
6. конструктивные модификации
7. климатическое исполнение
8. категория размещения
9. степень защиты
10. мощность
11. число оборотов
12. монтажное исполнение

- **Серия (тип) электродвигателя:**

Общепромышленные электродвигатели:

АИ - обозначение серии общепромышленных электродвигателей, Р, С (АИР и АИС) - вариант привязки мощности к установочным размерам, т.е. АИР (А, 5А, 4А, АД) - электродвигатели, изготавливаемые по ГОСТ, АИС (6А, IMM, RA) - электродвигатели, изготавливаемые по евростандарту DIN (CENELEC).

Взрывозащищенные электродвигатели:

ВА, АВ, АИМ, АИМР, 2В, 3В и др.

- **Электрические модификации:**

М - модернизированный электродвигатель: АИРМ, 5АМ

Н - электродвигатель защищенного исполнения с самовентиляцией: 5АН

Ф - электродвигатель защищенного исполнения с принудительным охлаждением:
5АФ

К - электродвигатель с фазным ротором: 5АНК

С - электродвигатель с повышенным скольжением: АИРС, АС, 4АС, 5АС и др.

Е - однофазный электродвигатель 220V: АИРЕ, 5АЕУ

В - встраиваемый электродвигатель.

- **Габарит электродвигателя** (высота оси вращения, равен расстоянию от низа лап до центра вала в миллиметрах):

50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450 и выше.

- **Длина сердечника и/или длина станины:**

А, В, С - длина сердечника (первая длина, вторая длина, третья длина)
ХК, Х, УК, У - длина сердечника статора высоковольтных двигателей
S, L, M - установочные размеры по длине станины.

- **Количество полюсов электродвигателя:**

2, 4, 6, 8, 10, 12, 4/2, 6/4, 8/4, 8/6, 12/4, 12/6, 6/4/2, 8/4/2, 8/6/4, 12/8/6/4 и др.

- **Конструктивные модификации электродвигателя:**

Е - электродвигатель с встроенным электромагнитным тормозом: АИР 100L6 Е У3

Е2 - электродвигатель с встроенным электромагнитным тормозом и ручкой расторможения: АИР 100L6 Е2 У3

Б - со встроенным датчиком температурной защиты: АИР 180М4 БУ3

Ж - электродвигатель со специальным выходным концом вала для моноблочных насосов: АИР 80В2 ЖУ2

П - электродвигатель повышенной точности по установочным размерам: АИР 180М4 ПУ3

Р3 - электродвигатель для мотор-редукторов: АИР 100L6 Р3

С - электродвигатель для станков-качалок: АИР 180М8 СНБУ1

Н - электродвигатель мал шумного исполнения: 5АФ 200 МА4/24 УХЛ4

Л - электродвигатель для привода лифтов: 5АФ 200 МА4/24 УХЛ4.

- **Климатическое исполнение электродвигателя (ГОСТ 15150-69):**

У - умеренный климат

Т - тропический климат

ХЛ - холодный климат

ОМ - на судах морского и речного флота.

- **Категория размещения:**

5 - в помещении с повышенной влажностью

4 - в помещении с регулируемые климатическими условиями

3 - в помещении

2 - на улице под навесом

1 - на открытом воздухе.

- **Степень защиты электродвигателя (IP, ГОСТ 17494-87):**

Первая цифра: защита от твердых объектов:

0 - без защиты

1 - защита от твердых объектов размерами свыше 50 мм (например, от случайного касания руками)

2 - защита от твердых объектов размерами свыше 12 мм (например, от случайного касания пальцами)

3 - защита от твердых объектов размерами свыше 2,5 мм (например, инструментов, проводов)

4 - защита от твердых объектов размерами свыше 1 мм (например, тонкой проволоки)

5 - защита от пыли (без осаждения опасных материалов).

Вторая цифра: защита от жидкостей:

0 - без защиты

1 - защита от вертикально падающей воды (конденсация)

2 - защита от воды, падающей под углом 15° к вертикали

3 - защита от воды, падающей под углом 60° к вертикали

4 - защита от водяных брызг со всех сторон

5 - защита от водяных струй со всех сторон.

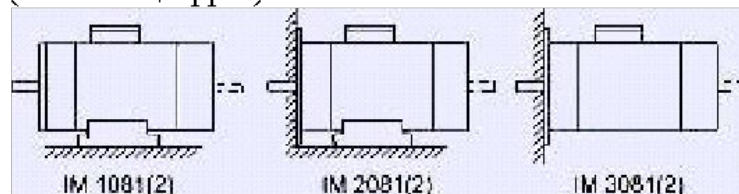
- **Монтажное исполнение электродвигателей (ГОСТ 2479-79):**

Устанавливаются следующие условные обозначения конструктивных исполнений электрических машин (1-я цифра):

- 1 - машины на лапах с подшипниковыми щитами: с пристроенным редуктором;
- 2 - машины на лапах с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите (или щитах);
- 3 - машины без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите (или щитах); с цокольным фланцем;
- 4 - машины без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине;
- 5 - машины без подшипниковых щитов;
- 6 - машины на лапах с подшипниковыми щитами и со стояковыми подшипниками;
- 7 - машины на лапах со стояковыми подшипниками (без подшипниковых щитов);
- 8 - машины с вертикальным валом, кроме машин групп от IM 1 до IM 4;
- 9 - машины специального исполнения по способу монтажа.

Условное обозначение способа монтажа электрических машин групп от IM 1 до IM 9

(2 и 3-я цифры):



Примечание: полные таблицы есть в ГОСТе.

Устанавливаются следующие условные обозначения исполнений концов вала электрических машин

(4-я цифра):

0 - без конца вала;

1 - с одним цилиндрическим концом вала;

2 - с двумя цилиндрическими концами вала;

3 - с одним коническим концом вала;

4 - с двумя коническими концами вала;

5 - с одним фланцевым концом вала;

6 - с двумя фланцевыми концами вала;

7 - с фланцевым концом вала на стороне D (лев.) и цилиндрическим концом вала на стороне N (прав.);

9 - прочие исполнения концов вала.

Условные обозначения электрических машин малой мощности установлены
ГОСТ 23264-78.

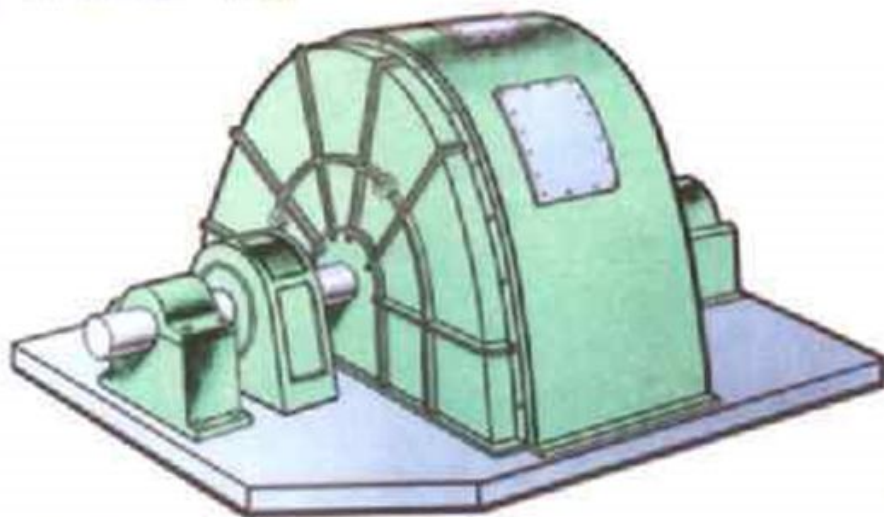
Установочные размеры проектируемых и модернизируемых - по **ГОСТ 18709-73.**

Поскольку обозначение типов двигателей в большинстве случаев не определены стандартами, приведенные обозначения дают только общую структуру.

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

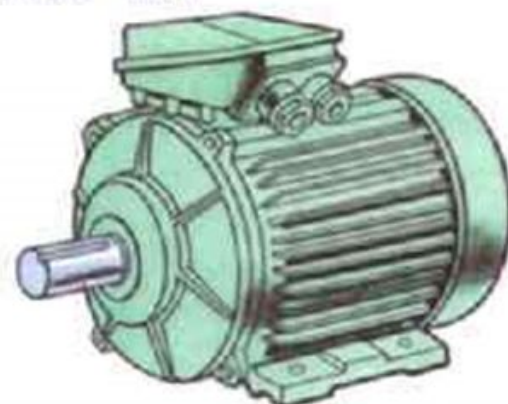
По способу монтажа

ГРУППА IM7



На выносных подшипниковых стойках

ГРУППА IM1



На лапах

ГРУППА IM3



Фланцевое

IM (International Mounting) – монтажное
исполнение

В серии приняты следующие обозначения двигателей:

$4A0_10_20_3000_40_50_60_700_8$:

4— Порядковый номер серии (четвертая)

A— Род двигателя (асинхронный)

0_1 — Исполнение по способу защиты от окружающей среды: буква Н - защищенное, отсутствие знака - закрытое обдуваемое исполнение

0_2 — Исполнение ротора двигателя: буква К - ротор фазный, отсутствие знака - ротор короткозамкнутый

0_3 — Исполнение двигателя по материалу станины и щитов: А - станина и щиты алюминиевые; Х - станина и щиты алюминиевые или чугунные в любом сочетании материалов; отсутствие знака - станина и щиты чугунные или стальные

000_4 — Высота оси вращения, мм (две или три цифры)

0_5 — Установочный размер по длине станины S , H или L (меньший, средний или больший)

0_6 — Длина сердечника А (меньшая) или В (большая) при определенном установочном размере; отсутствие знака означает, что при данном установочном размере (S , M или L) выполняются сердечники только одной длины

0_7 — Число полюсов (одна или две цифры)

00_8 — Климатическое исполнение и категория размещения (по ГОСТ 15150-69)

Примеры обозначения двигателей

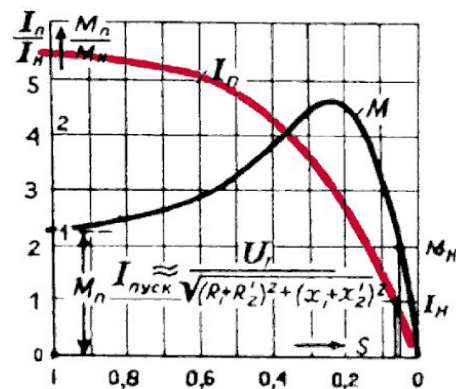
4A180M4Y3 — асинхронный двигатель 4-й серии, закрытого обдуваемого исполнения с короткозамкнутым ротором, с чугунными станиной и щитами, высотой оси вращения $h=180$ мм, средним (M) установочным размером по длине станины, четырехполюсный, климатического исполнения Y, категории размещения 3

4АН315S10Y3 — асинхронный двигатель 4-й серии защищенного исполнения с короткозамкнутым ротором, стальными станиной и щитами, высотой оси вращения 315 мм, со средним (S) установочным размером, десятиполюсный, климатического исполнения Y и категории размещения 3

4АНК315S10Y3 — то же, что в предыдущем примере, но двигатель с фазным ротором

4A315S10Y3 — то же, что и ранее, но двигатель закрытого обдуваемого исполнения с короткозамкнутым ротором.

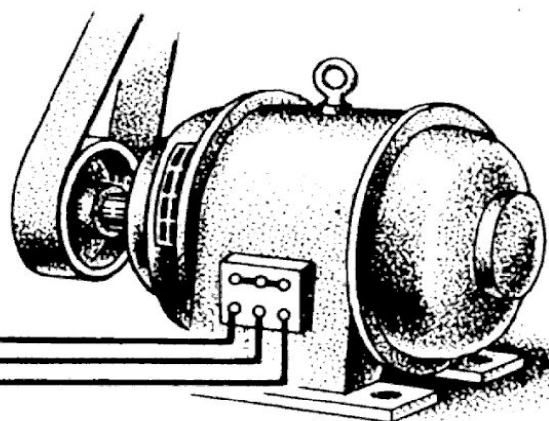
A schematic diagram showing a three-phase meter installation. A hand is shown operating a three-phase switch. The meter has two dials, labeled 'A' (Ampere) and 'V' (Volt). The meter is connected to a three-phase supply line.


$$K_i = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}} \approx 4:7$$

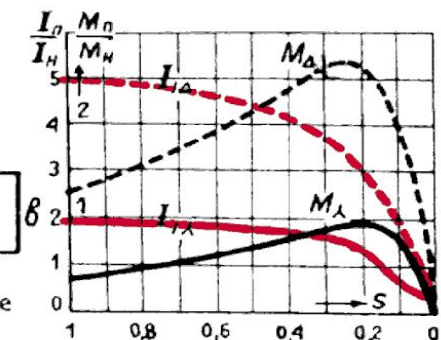
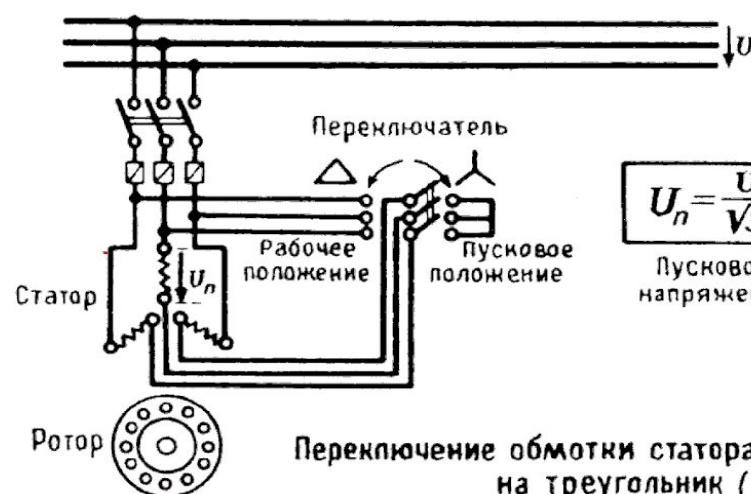
Кратность пускового тока

$$K_M = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}} \approx 1,1 \div 1,4$$

Кратность пускового момента

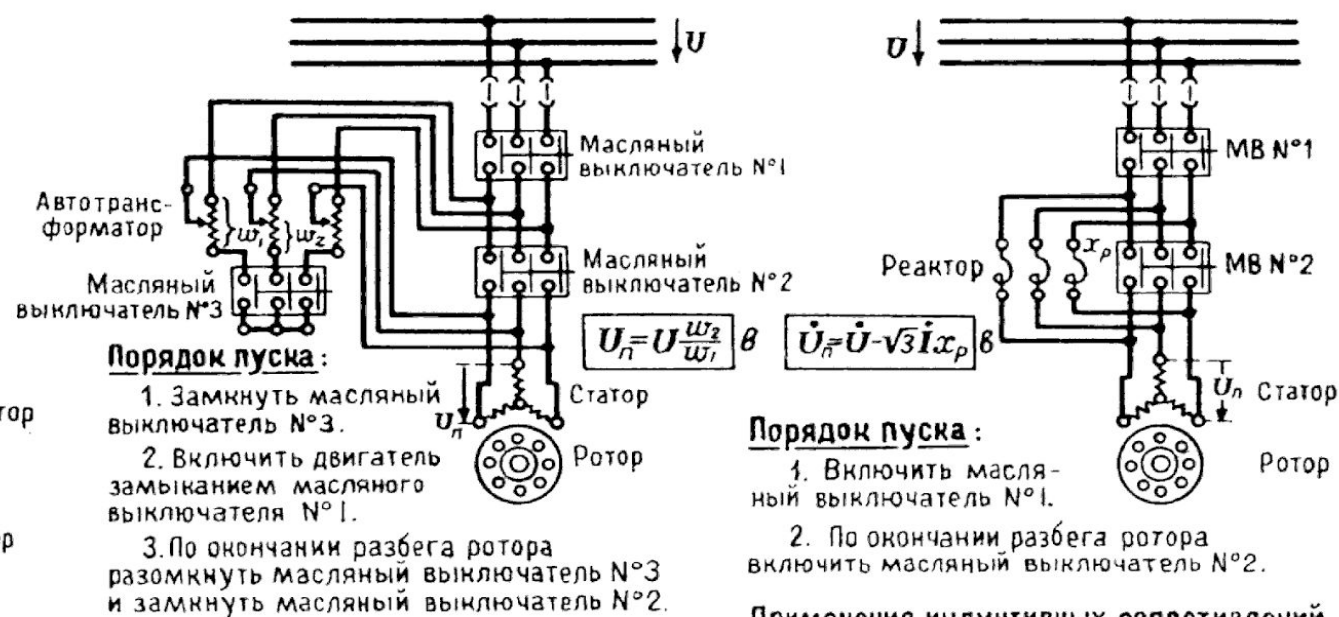


(Непосредственное включение двигателя к напряжению сети U_1)



Изменение тока и крутящего момента
при разбеге двигателя

Переключение обмотки статора со звезды (пусковое положение)
на треугольник (рабочее положение)



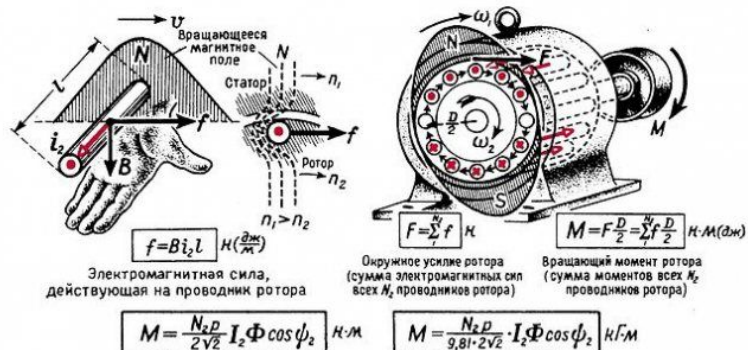
Применение понижающего автотрансформатора

ПУСК ПРИ ПОНИЖЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ

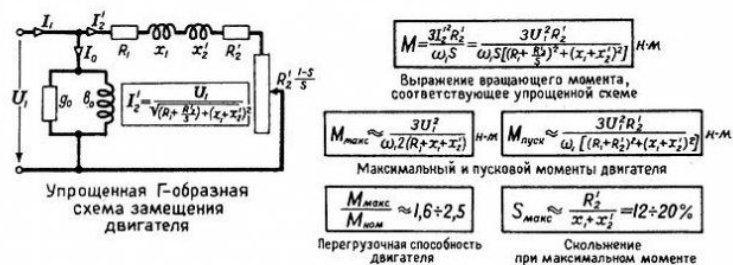
(Уменьшение пускового тока снижением напряжения, подводимого к двигателю)

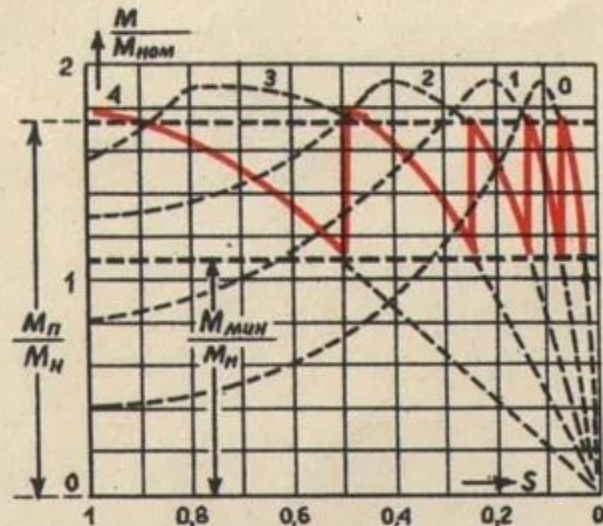
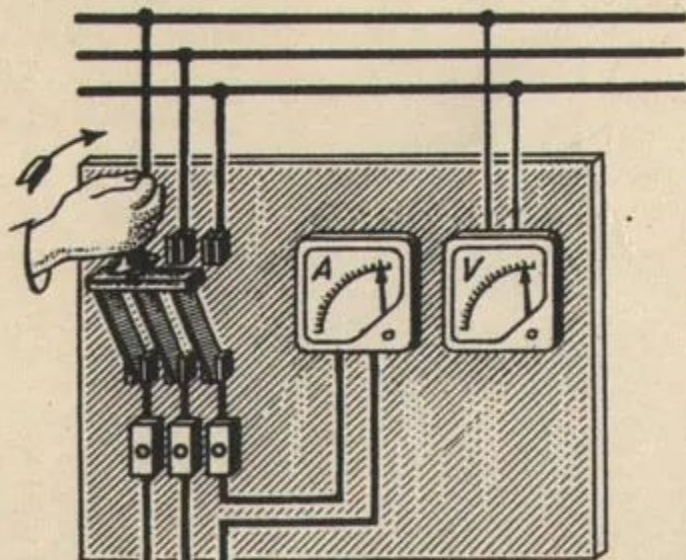
Применение индуктивных сопротивлений (реакторов)

ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ



ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ ДВИГАТЕЛЯ (электромагнитный момент ротора)

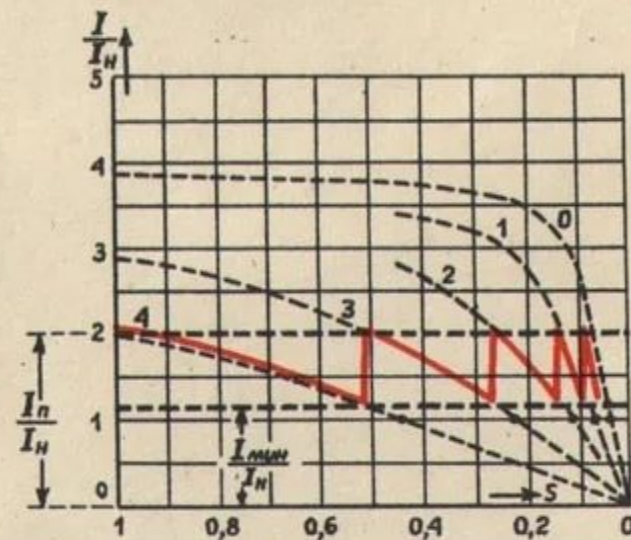




Изменение крутящего момента при разбеге двигателя

$$K_M = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}} \approx 1,6$$

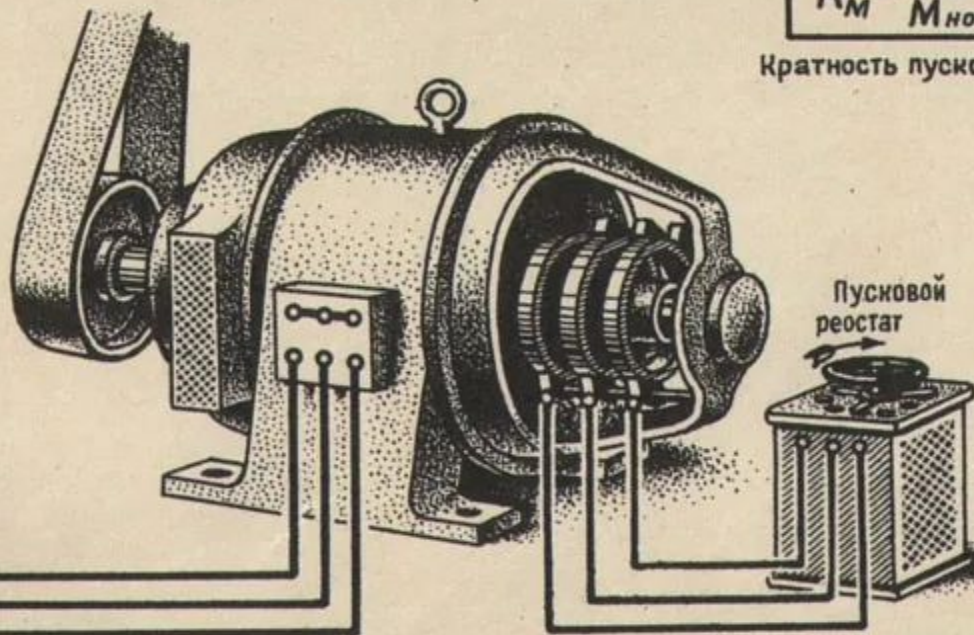
Кратность пускового момента



Изменение тока статора и ротора при разбеге двигателя

$$K_i = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}} \approx 2$$

Кратность пускового тока



Пуск с помощью реостата

Порядок пуска:

1. Проверить, наложены ли щетки на кольца.
2. Включить обмотку статора в сеть.
3. Постепенно вывести реостат по мере разбега двигателя.
4. По окончании разбега замкнуть кольца накоротко.
5. Привести реостат в исходное положение, подготовив его к следующему пуску.

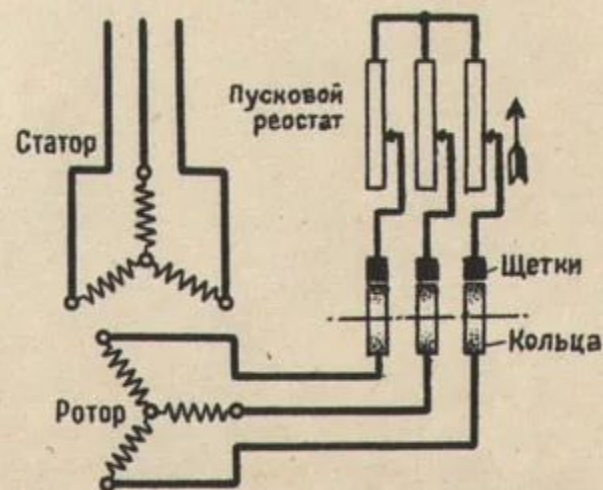
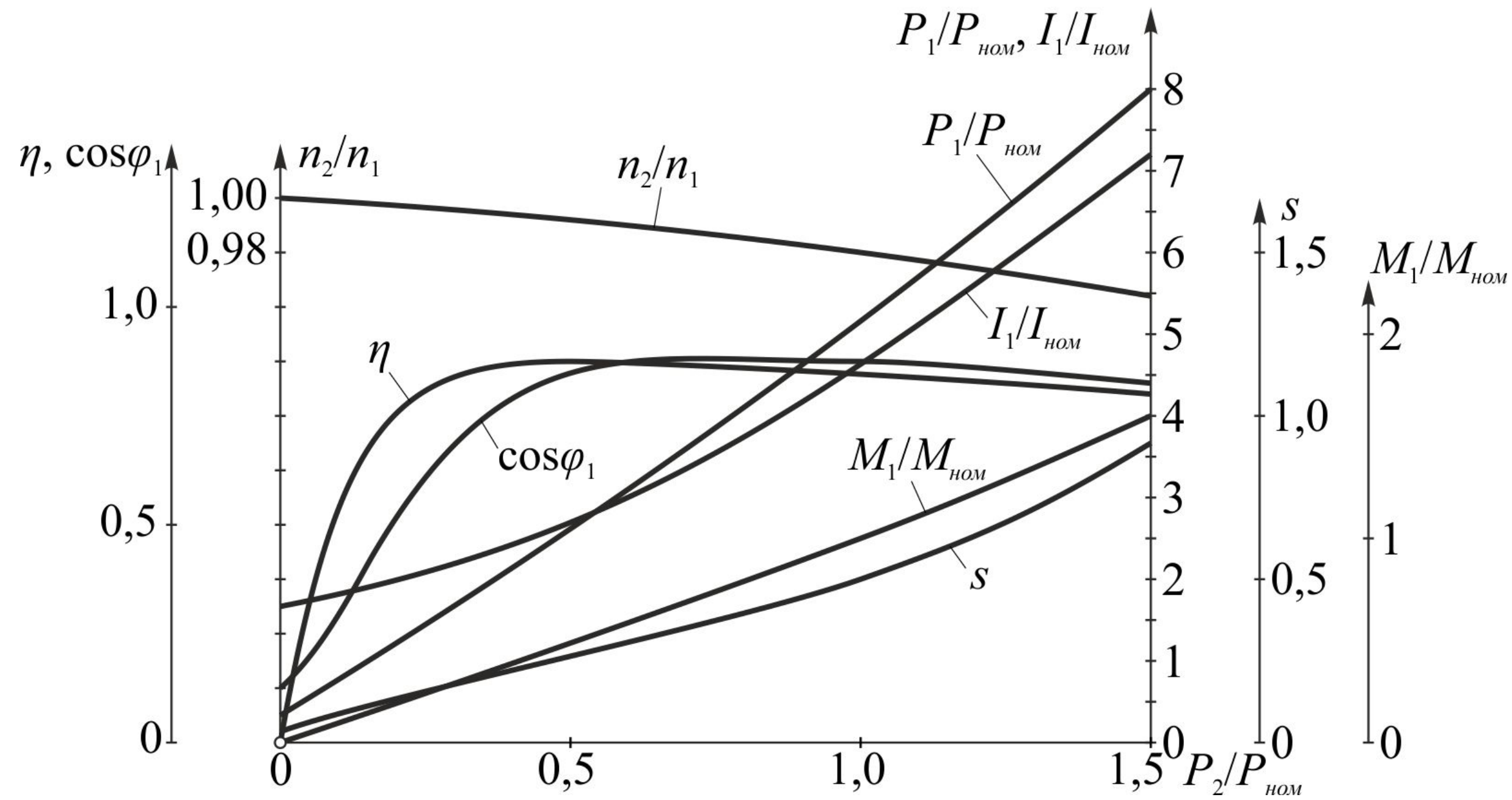
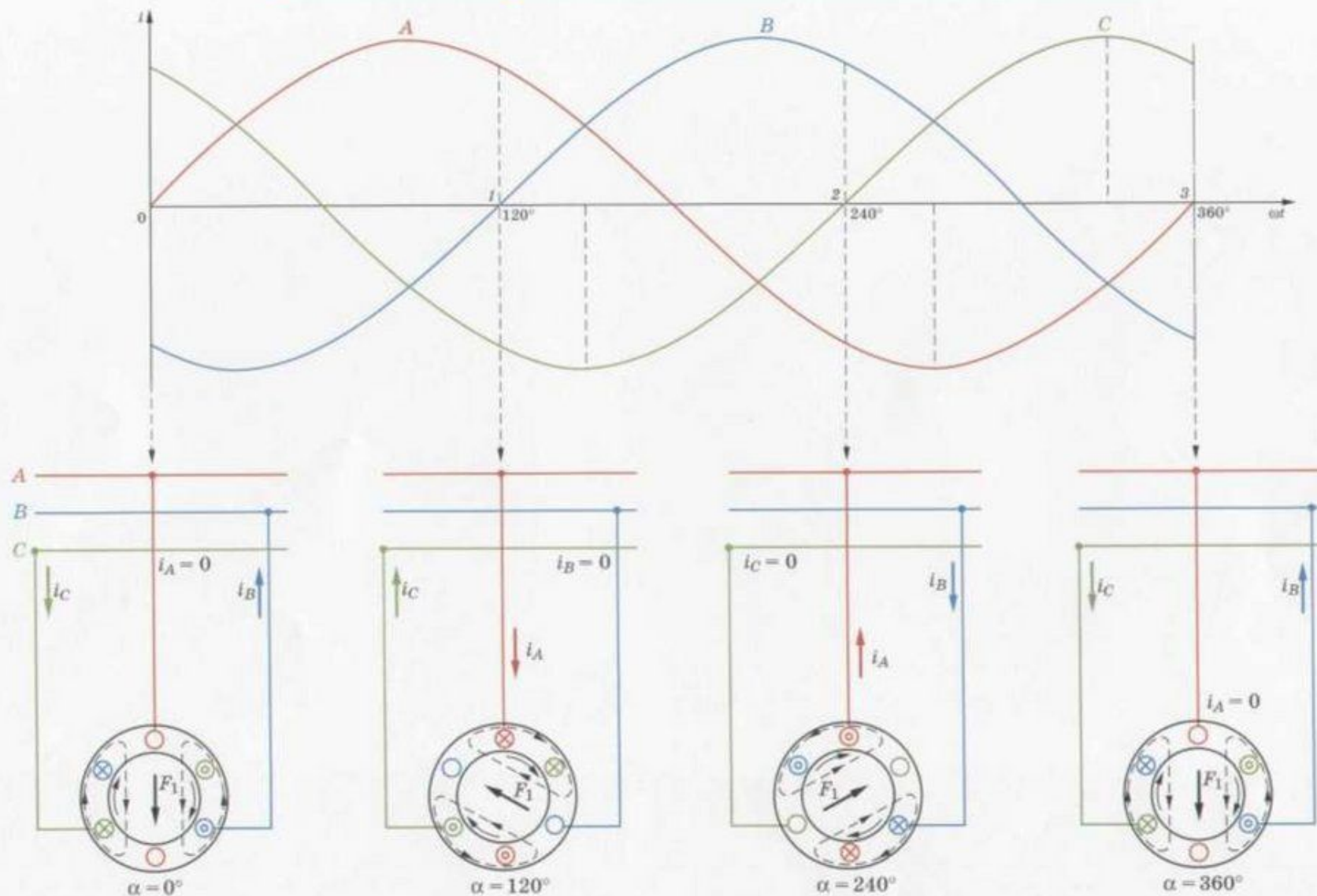


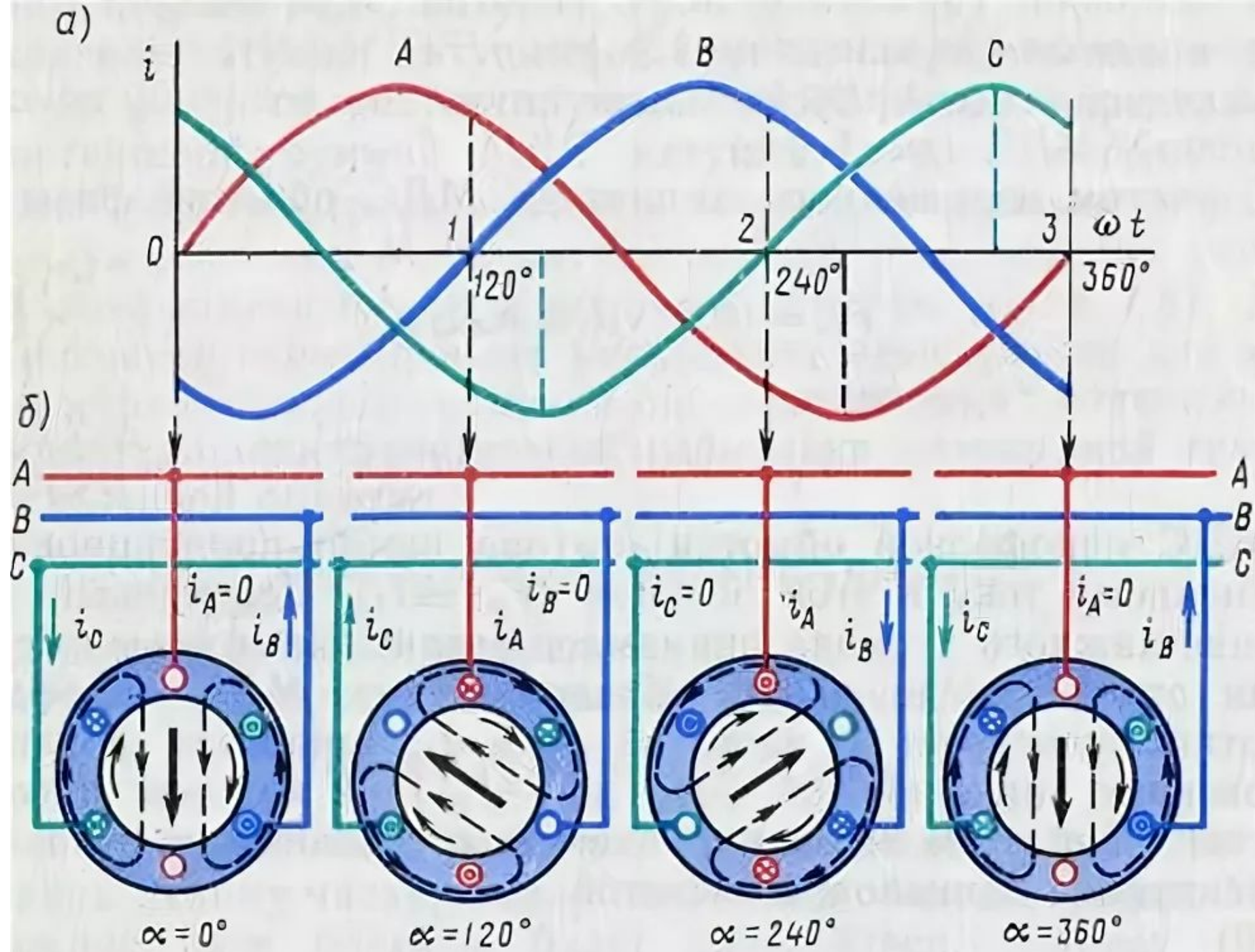
Схема включения пускового реостата



Образование вращающегося магнитного поля



Положения векторов МДС статора в разные промежутки времени волновой диаграммы токов





ФГБОУ ВО ЮГУ
ИНСТИТУТ
НЕФТИ И ГАЗА