



## Лекция № 1. Механические характеристики асинхронных электродвигателей

1. Конструкция, принцип работы асинхронного двигателя.
2. Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя.
3. Управление пуском асинхронных электродвигателей.  
Расчет пусковых реостатов

# Литература

1. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода. – С.Пб.: Энергоиздат Санкт-Петербургское отделение, 2000.
2. Ильинский .Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Колос, 1984
4. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576 с.
5. Гончаров А.А., Пономарева Н.Е., Болтрик О.П. Практикум по электроприводу. Учебное пособие. Ч.1. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2003.

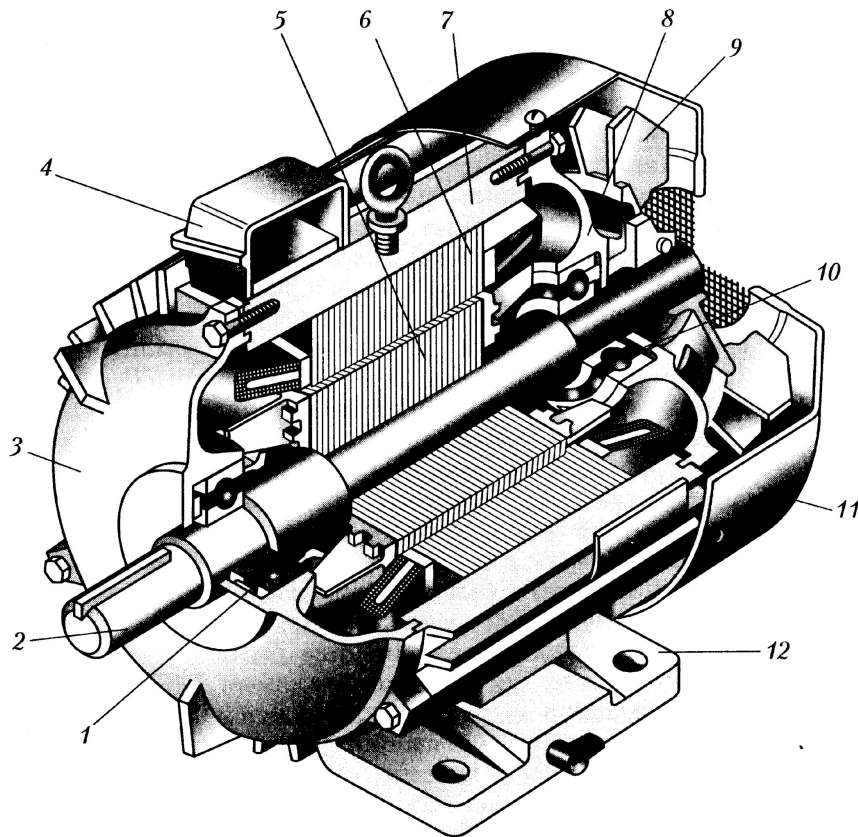
## Дополнительная литература

1. Шичков Л.П., Коломиец А.П. Электрооборудование и средства автоматизации сельскохозяйственной техники.- М.: Колос, 1995.- 368 с.; ил. (Учебники и учеб. Пособия для высших учебных заведений) .
2. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод /Учебник для ВУЗов.- М. : Энергоатомиздат.- 2003.-416 с.
3. Онищенко Г.Б. Электрический привод. Учебник для ВУЗов – М. : РАСХН.-2003. –320 с.
4. Справочник инженера-электрика сельскохозяйственного производства /Учебное пособие.- М.: Информагротех.-1999.-356 с.
5. Электропривод. Методические указания к курсовой работе / Сост. А.А. Гончаров, С.В. Оськин, Л.П. Щербаева.- Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2004.- 105 с.

## Дополнительная литература

6. Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. Пособие для студентов высш. Учеб. Заведений /Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко.– М. : Издательский центр «Академия», 2008.–208 с.
7. Москаленко В.В. Электрический привод /В.В. Москаленко.– М.: Издательский центр «Академия», 2007.–368 с.

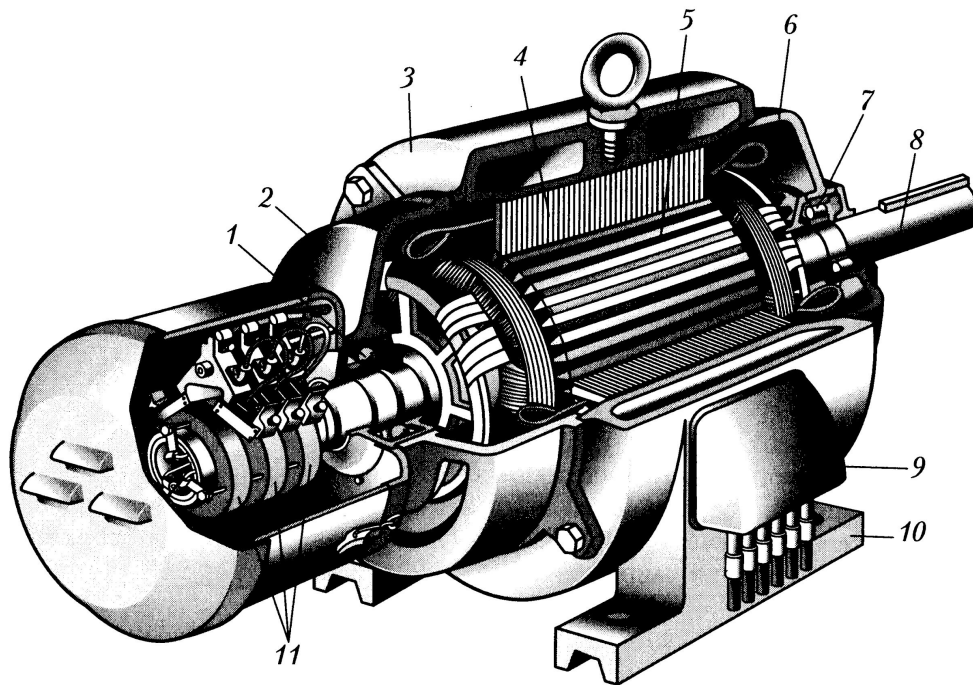
# Конструкция, принцип работы асинхронного двигателя



1,10 – подшипники; 2 – вал;  
3,8 – подшипниковые щиты;  
4 – коробка выводов;  
5 – сердечник ротора с обмоткой;  
6 – сердечник статора с обмоткой;  
7 – корпус; 9 – вентилятор;  
11 – кожух вентилятора;  
12 – лапы.

Устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

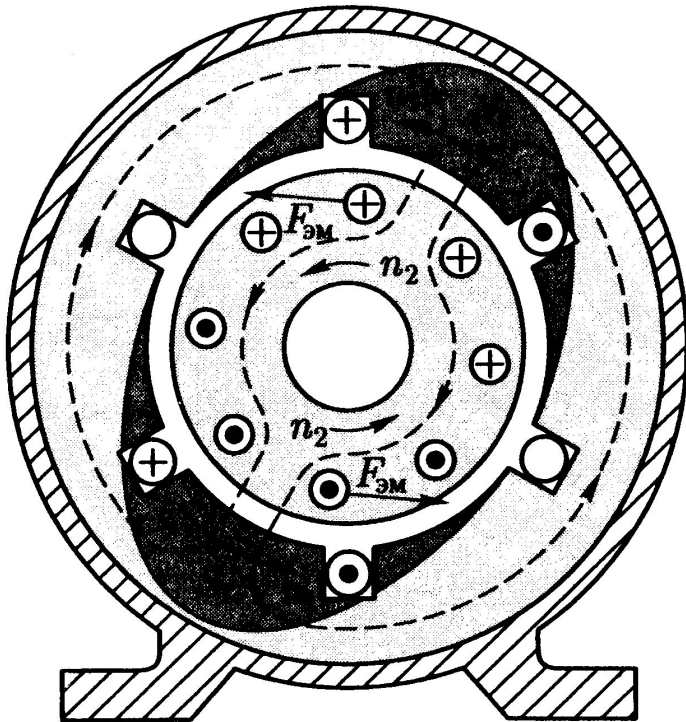
# Конструкция, принцип работы асинхронного двигателя



1,7 – подшипники;  
2,6 – подшипниковые щиты;  
3 – корпус; 4 – сердечник статора с обмоткой; 5 – сердечник ротора с обмоткой; 8 – вал;  
9 – коробка выводов; 10 – лапы; 11 – контактные кольца.

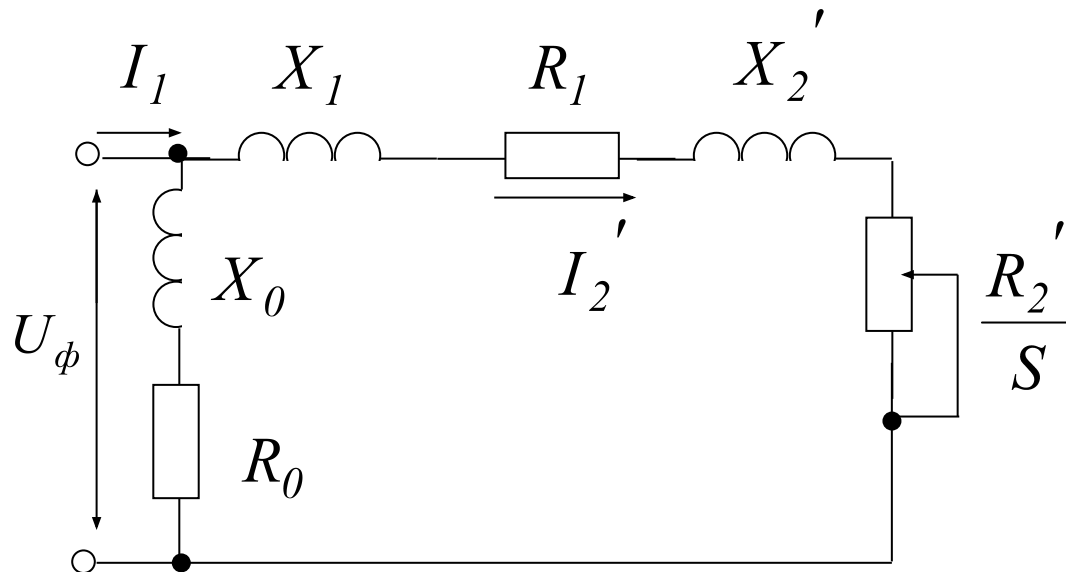
Устройство трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором

# Конструкция, принцип работы асинхронного двигателя



К принципу действия асинхронного двигателя

# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя



Упрощенная схема замещения асинхронного электродвигателя



# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя

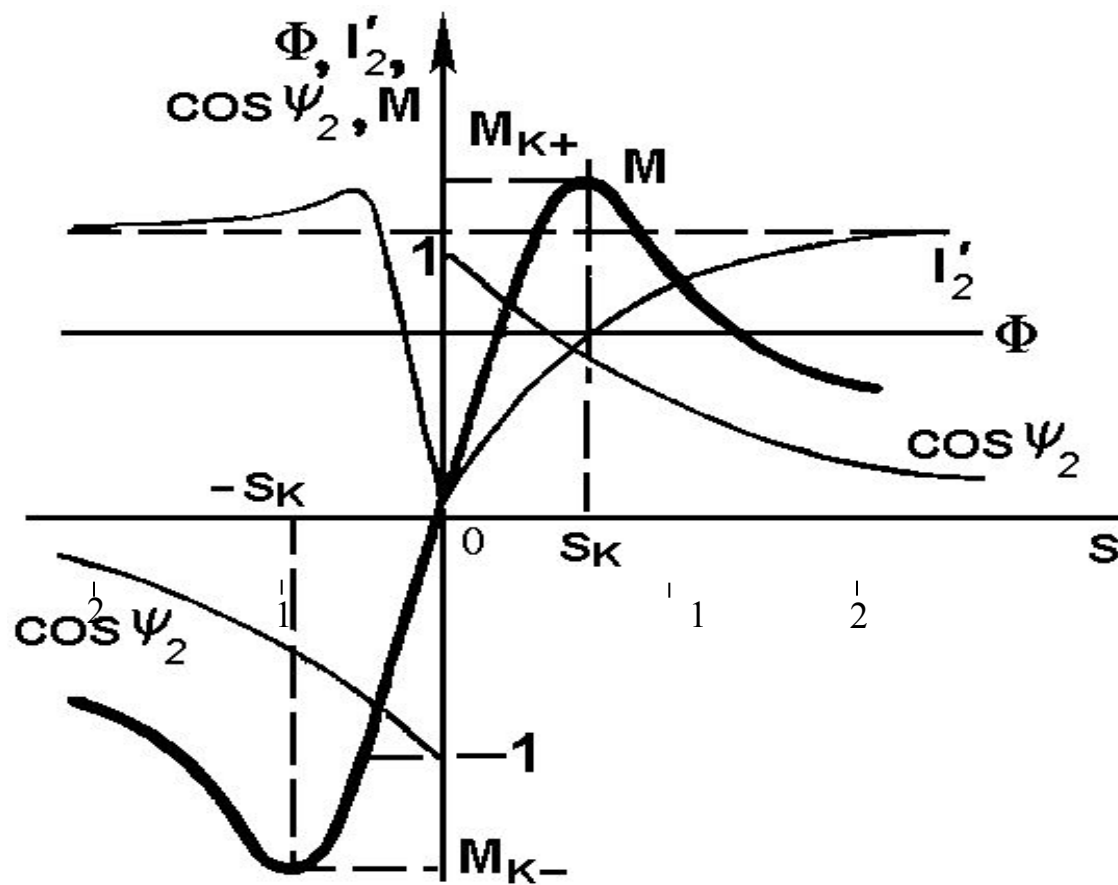
$$I_2' = \frac{U_\phi}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

Вращающий момент асинхронного двигателя может быть определен из выражения потерь :

$$M = \frac{P_{эм}}{\omega_1} = \frac{P_{э2}}{\omega_1 S} = \frac{m_1 I_2'^2 R_2'}{\omega_1 S}.$$

$$M = \frac{3U_\phi^2 R_2'}{\omega_1 \left[ \left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right] S}$$

# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя



# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя

$$\frac{dM}{dS} = \frac{3 \cdot U_{\phi}^2 \cdot R_2'}{\omega_1} \cdot \frac{R_2'^2 - R_1^2 \cdot S^2 - (X_1 + X_2')^2 \cdot S^2}{\left( (R_1 S + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot S^2 \right)^2} = 0,$$

$$R_2'^2 - R_1^2 \cdot S^2 - (X_1 + X_2')^2 \cdot S^2 = 0 \Rightarrow R_2'^2 = R_1^2 \cdot S^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot S^2 \Rightarrow$$

$$s_k = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$M_k = \frac{3U^2}{2\omega_0 \left[ R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right]}$$

# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя

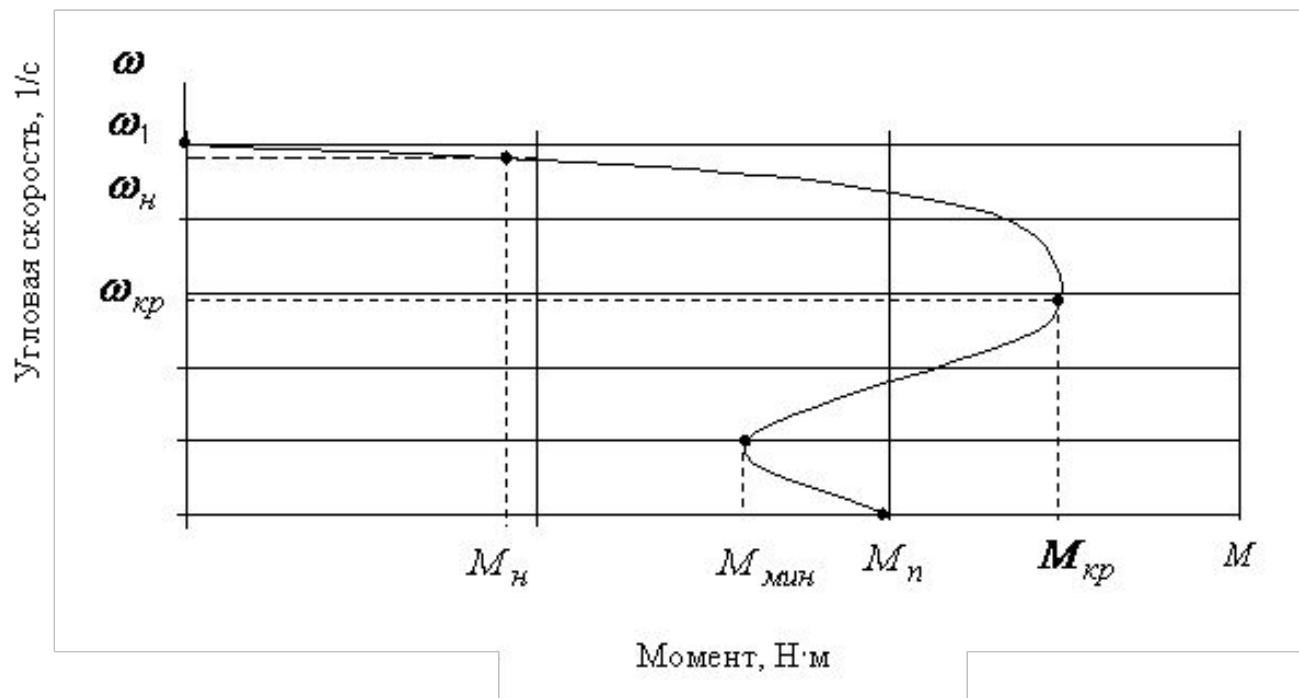
Разделив уравнение механической характеристики на выражение для максимального момента получим

$$M = \frac{2M_{\kappa}(1 + \alpha \cdot S_{\kappa})}{\frac{S}{S_{\kappa}} + \frac{S_{\kappa}}{S} + 2\alpha \cdot S_{\kappa}}, \quad \alpha = \frac{R_1}{R_2'}$$

Приняв  $2\alpha \cdot S_{\kappa} = q$ ,  
окончательно получаем

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{кр}}(2 + q)}{\frac{S}{S_{\text{кр}}} + \frac{S_{\text{кр}}}{S} + q}$$

# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя



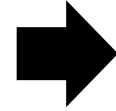
Механическая характеристика асинхронного двигателя

# Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя

Характерными точками механической характеристики являются:

- пусковая точка –  $M=M_{\text{п}}; \omega=0$ ;
- точка провала на пусковой ветви, угловая скорость, в которой соответствует скольжению  $S=0,8; M=M_{\text{мин}}$ ;
- критическая точка с координатами  $\omega_{\text{к}}, M_{\text{к}}$ ;
- номинальная точка –  $\omega_{\text{н}}, M_{\text{н}}$ ;
- точка холостого хода –  $\omega=\omega_1; M=0$ .

# Управление пуском асинхронных электродвигателей. Расчет пусковых реостатов



Кратность начального пускового момента двигателя составляет

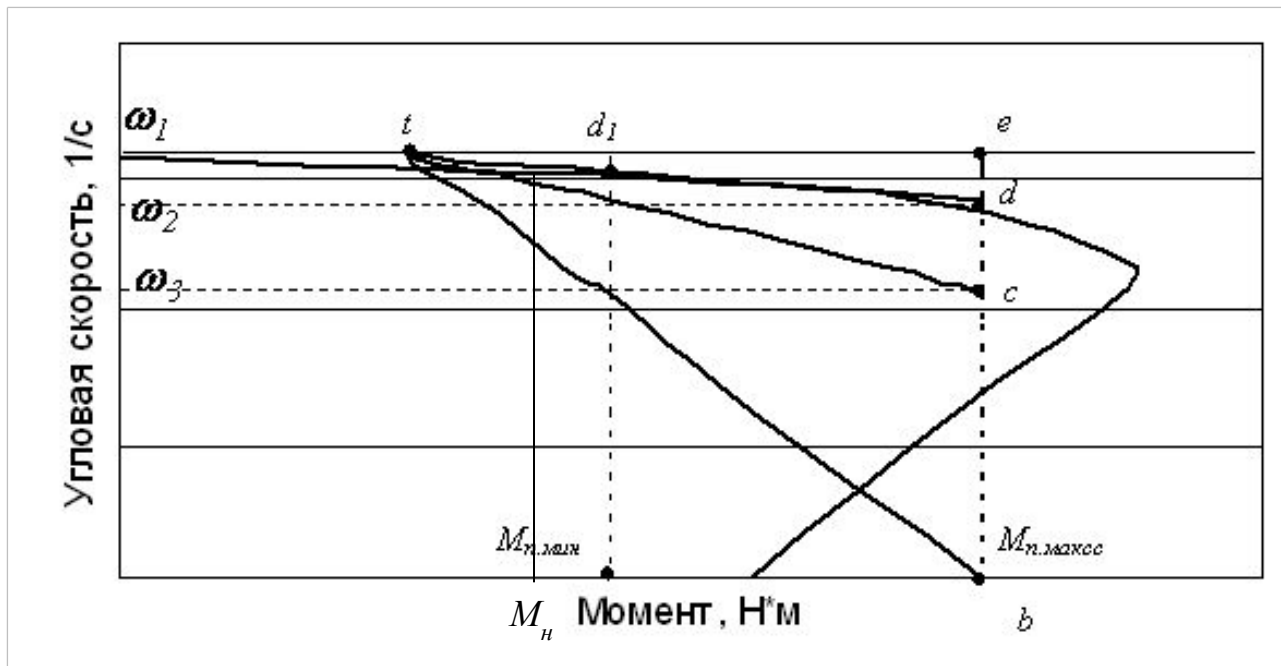
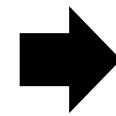
$$k_M = \frac{M_n}{M_H} = 1 \dots 1,8$$

а кратность начального пускового тока

$$k_I = \frac{I_n}{I_H} = 5 \dots 7$$

Отсутствие пропорциональности между моментом двигателя и током статора во время пуска объясняется значительным снижением магнитного потока.

# Управление пуском асинхронных электродвигателей. Расчет пусковых реостатов



К расчету пускового реостата асинхронного двигателя



# Управление пуском асинхронных электродвигателей. Расчет пусковых реостатов

- в точке с координатами  $M_{\text{пуск мин}}, \omega = \omega_3$  происходит отключение первой ступени реостата;
- в точке с координатами  $M_{\text{пуск мин}}, \omega = \omega_2$  происходит отключение второй ступени реостата;
- отрезок  $[ed]$  пропорционален величине активного сопротивления одной фазы ротора. Соответственно отрезок  $[dc]$  в относительных единицах пропорционален сопротивлению первой ступени пускового реостата, отрезок  $[bc]$  – второй ступени.

# Управление пуском асинхронных электродвигателей. Расчет пусковых реостатов

Измерив длины этих отрезков, определяют величины сопротивления каждой ступени пускового реостата:

$$R_1 = \frac{[dc]}{[ed]} \cdot R_{пот} \quad R_2 = \frac{[cb]}{[ed]} \cdot R_{пот}$$

где  $R_{пот} = \frac{U_{2н} \cdot S_n}{\sqrt{3} I_{2н}}$  или  $R_{пот} = \frac{P_n \cdot S_n}{\sqrt{3} \cdot I_{2н}^2 \cdot \eta_n}$ .

## Управление пуском асинхронных электродвигателей. Расчет пусковых реостатов

При реостатном пуске асинхронного электродвигателя с контактными кольцами поочередное закорачивание ступеней пускового сопротивления может производиться автоматически при помощи контакторов, управление включением которых может осуществляться в *функции времени*, *частоты вращения*, *тока* или *частоты тока* ротора.

## Управление пуском асинхронного электродвигателя. Расчет пусковых реостатов

Для обеспечения заданной диаграммы пуска необходима фиксация моментов подачи команд на включение контакторов. Это может осуществляться следующими способами:

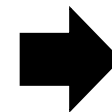
- путем отсчета промежутков времени  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$ , для чего используются реле времени;
- посредством контроля значения скорости двигателя или ЭДС ротора, что может быть сделано при помощи датчиков скорости или ЭДС;
- применением датчиков тока;
- посредством контроля частоты тока ротора .

# Управление пуском асинхронного электродвигателя. Расчет пусковых реостатов



Схема электрическая принципиальная управления пуском асинхронного двигателя в функции времени

# Управление пуском асинхронного электродвигателя. Расчет пусковых реостатов



Время пребывания на каждой ступени пускового реостата определяется по следующему соотношению:

$$t_i = \frac{\omega_o \cdot S_{ni}}{M_n} \cdot \ln \frac{M_{дин 1i}}{M_{дин 2i}},$$

$$M_{дин 1i} = M_{пуск макс} - M_{сi}; \quad M_{дин 2i} = M_{пуск мин} - M_{сi}$$