



# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

## Двигатели с короткозамкнутым ротором – регулирование координат

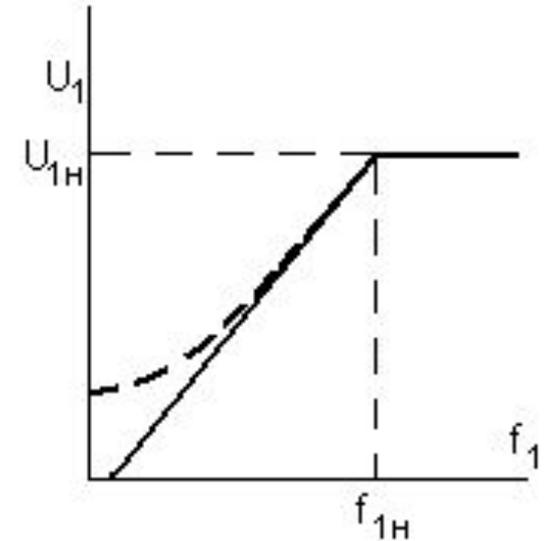
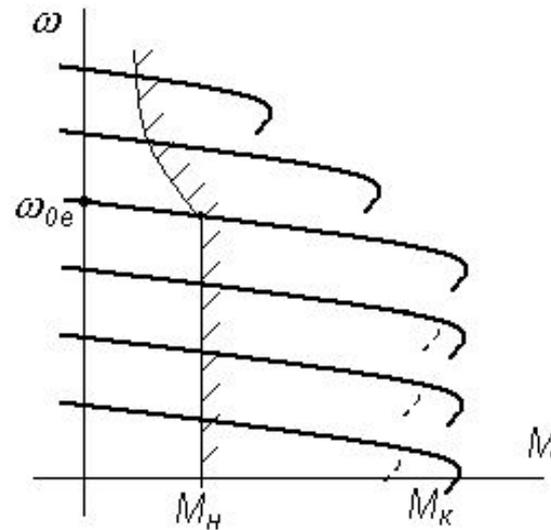
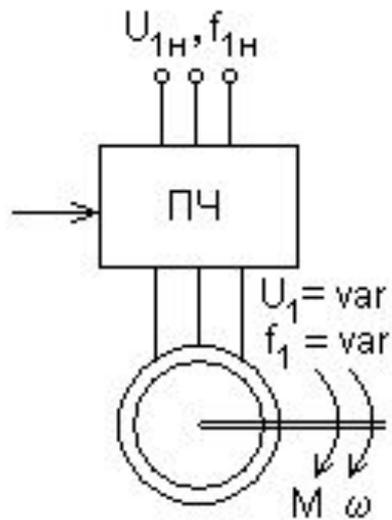


Схема частотно-регулируемого электропривода, механические характеристики, зависимость напряжения от частоты

### Частотное регулирование

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$$

$$\Phi \approx \frac{U_1}{4,44 f_1 w_1 k_{об}} \equiv \frac{U_1}{f_1}$$

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1H}}{f_{1H}} = const$$

$$M_K = \frac{3U_1^2}{(2\omega_0 X_K)}$$

## Оценка частотного регулирования скорости:

1. Регулирование двухзонное – вниз  $U_1/f_1 \approx const$  и вверх ( $U1=U1н, f1>f1н$ ) от основной скорости;
2. Диапазон регулирования в разомкнутой структуре (8-10):1. Стабильность скорости – высокая;
3. Регулирование плавное;
4. Допустимая нагрузка –  $M=Mн$  при регулировании вниз от основной скорости ( $\Phi \approx const$ ),  $P = Pн$  при регулировании вверх ( $\Phi < \Phiн$ );
5. Способ экономичен в эксплуатации – нет дополнительных элементов, рассеивающих энергию. Гибкость управления координатами в замкнутых структурах.
6. Способ требует использования преобразователя частоты (ПЧ) – устройства, управляющего частотой и амплитудой выходного напряжения.

# Параметрическое регулирование

Изменение  $U_1$  при  $f_1 = f_{1H} = const$

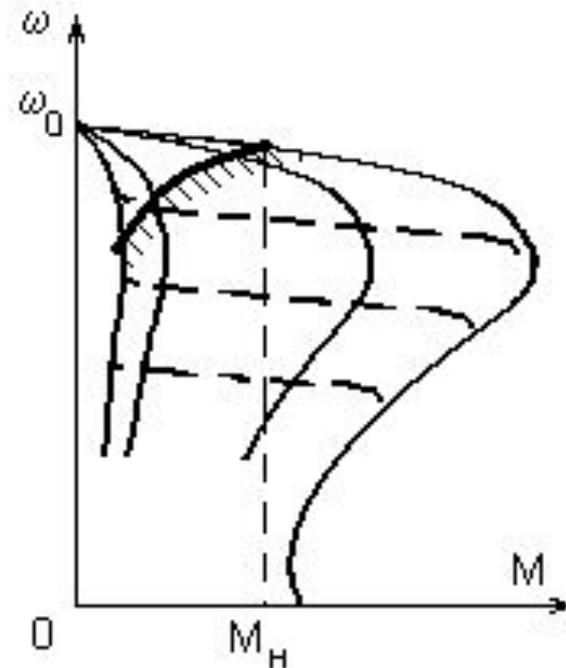
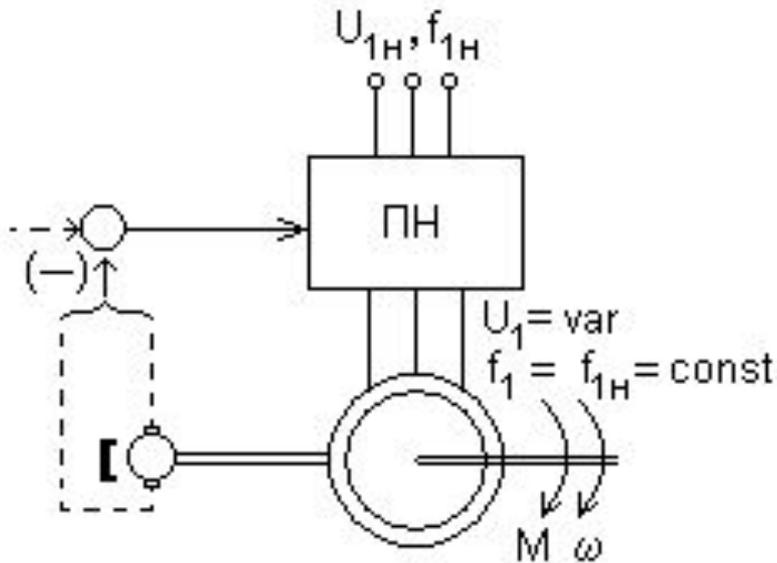


Схема и механические характеристики асинхронного электропривода с параметрическим регулированием

$$M_K = \frac{3U_1^2}{(2\omega_0 X_K)} \rightarrow M_K \downarrow \sim U_1^2$$

$$s_K = \frac{R'_2}{X_K} \quad - \text{ неизменно}$$

## Оценка способа регулирования:

1. Регулирование однозонное – вниз от основной скорости;
2. Диапазон регулирования в замкнутой структуре (3-4):1; стабильность скорости удовлетворительная;
3. Плавность высокая;
4. Допустимая нагрузка резко снижается с уменьшением скорости, поскольку магнитный поток  $\Phi \equiv U_1$  при  $f_1 = const$ .

Допустимые потери в роторной цепи  $\Delta P_{2H} = M_H \omega_0 s_H$

Допустимые потери при регулировании  $\Delta P_{доп} = M_{доп} \omega_0 s$

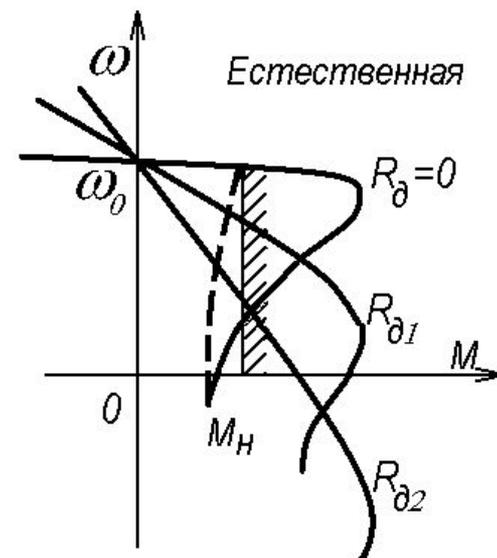
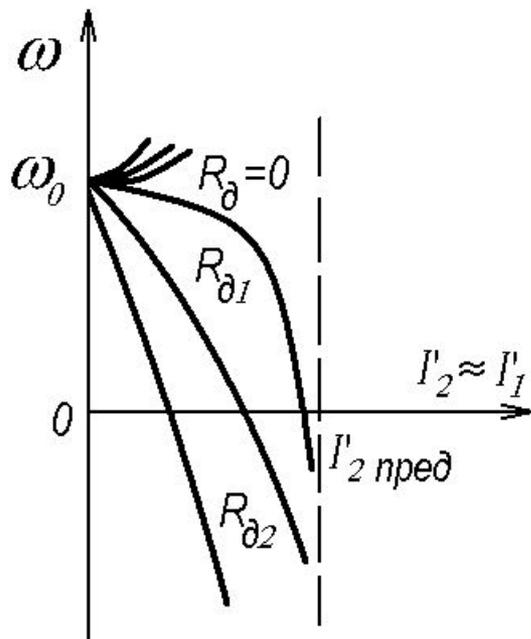
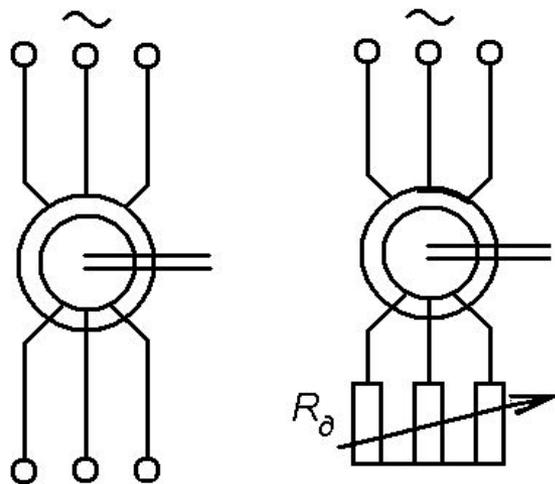
$$M_{доп} = \frac{M_H s_H}{s}$$

т.е. даже для специального двигателя с повышенным скольжением (очевидно невыгодного)  $s'_H = 0,06$  вместо стандартного  $s_H = 0,03$  снижение скорости всего на 20% ( $s = 0,2$ ) потребует снижения момента в 3 раза.

5. Способ регулирования неэффективен для использования в продолжительном режиме. Даже для самой благоприятной нагрузке – вентиляторной необходимо двух-трехкратное завышение установленной мощности двигателя с повышенным скольжением, интенсивный внешний обдув;

6. Преобразователь напряжения ПН – простое устройство в 3-4 более дешевое, чем преобразователь частоты.

## Двигатели с фазным ротором – регулирование координат



Асинхронный двигатель с фазным ротором, схема и характеристики реостатного регулирования

## Реостатное регулирование

$$\frac{s_{к.и}}{s_{к.е}} = \frac{R'_p + R'_d}{R'_p} = \frac{R_p + R_d}{R_p}$$

Показатели реостатного регулирования скорости асинхронных двигателей с фазным ротором:

1. Регулирование однозонное – вниз от основной скорости;
2. Диапазон регулирования (2-3):1, стабильность скорости низкая;
3. Регулирование ступенчатое;
4. Допустимая нагрузка  $M_{доп} = M_n$ , поскольку  $\Phi \approx \Phi_n$  и при мало меняющемся  $\cos\phi$   $I_{2доп} \approx I_{2н}$ .
5. С энергетической точки зрения реостатное регулирование в асинхронном электроприводе неэффективно – потери в роторной цепи при  $M = const$  пропорциональны скольжению:  $\Delta P_2 = P_1 s$

Рассеивается мощность в роторной обмотке:  $\Delta P_p = P_1 s \frac{R_p}{R_p + R_d}$

Рассеивается мощность в дополнительных резисторах:  $\Delta P_d = P_1 s \frac{R_d}{R_p + R_d}$

6. Капитальные затраты, как и в электроприводе постоянного тока, сравнительно невелики.

## Каскадные схемы

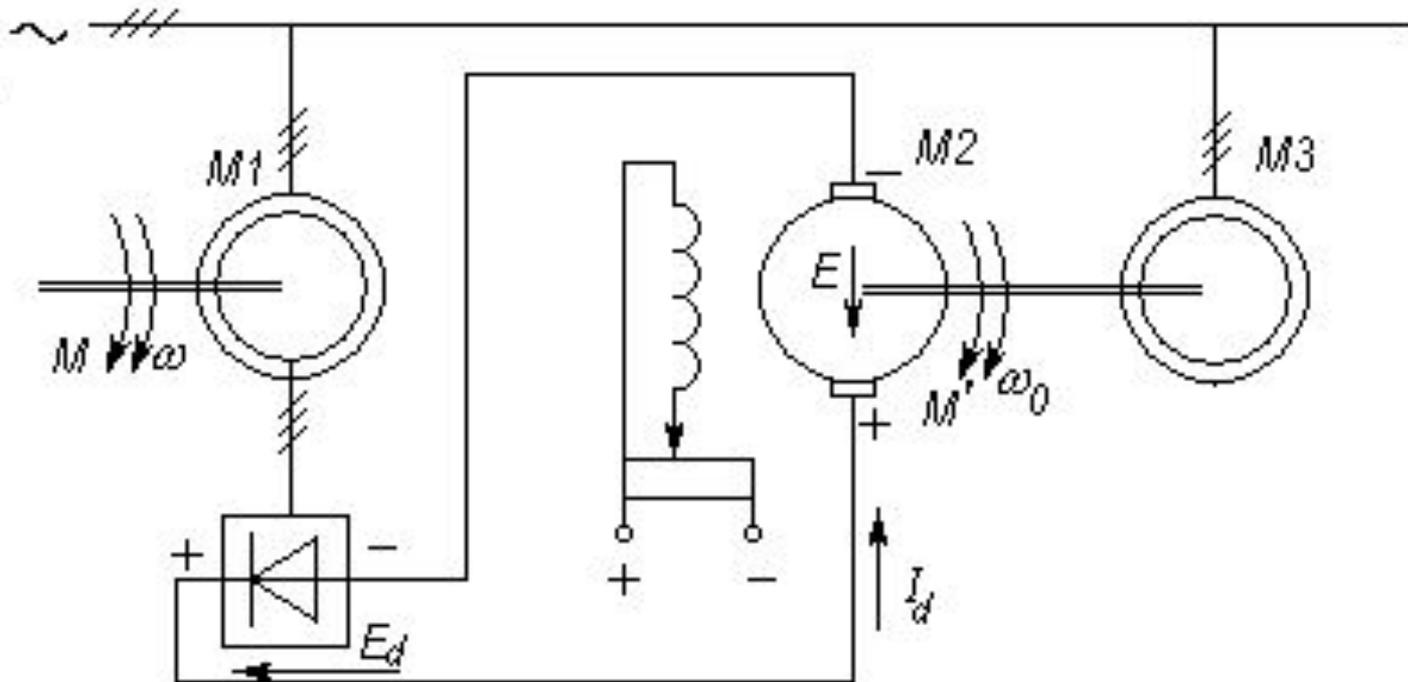


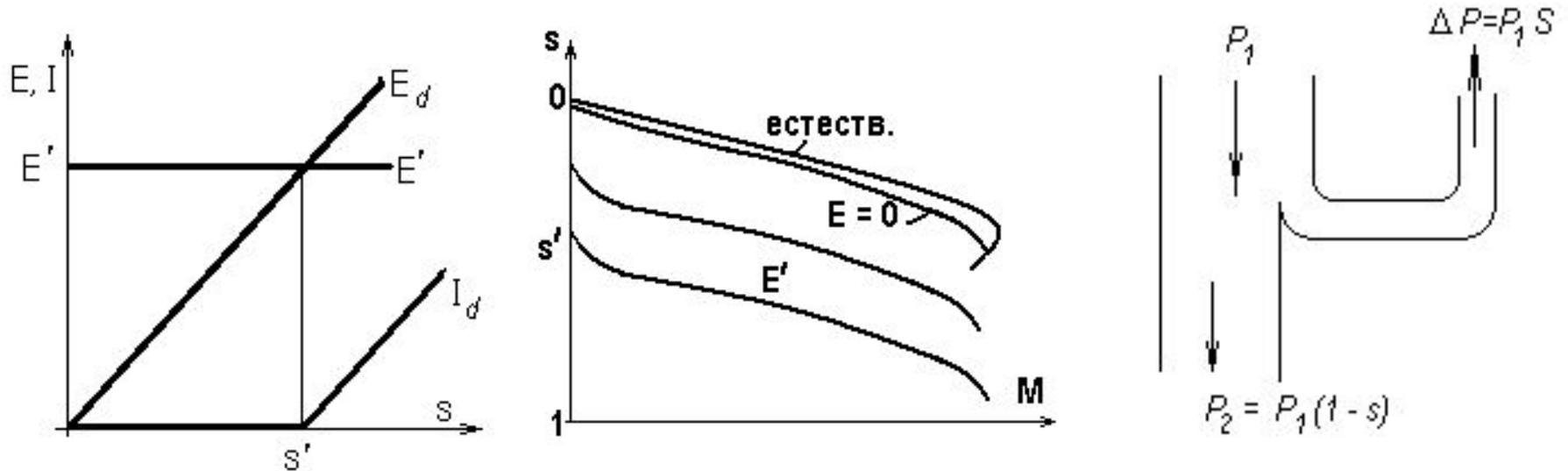
Схема машино – вентильного каскада

$$I_d = (E_d - E) / R_{\Sigma}$$

где  $R_{\Sigma}$  – эквивалентное активное сопротивление контура выпрямитель – якорь машины

Поскольку  $E_d = kE_1 s$ , а  $E_1 \approx U_1 = const$ , то до некоторого скольжения  $s'$ , определяемого уровнем ЭДС машины постоянного тока  $E'$ , ток  $I_d = 0$ , а следовательно,  $I_2 = 0$ , и машина  $M_1$  не развивает момента. При  $s > s'$  ток начнет расти в соответствии с приведенным выше уравнением, вызывая увеличение момента.

Мощность  $\Delta P \approx P_1 s \approx E_d I_d \approx M' \omega_0$



Характеристики машино-вентильного каскада