

## Лекция 15. Механические характеристики асинхронных электродвигателей и способы регулирования скорости вращения ротора

В ряде случаев уравнение *механической характеристики* принимает вид:

$$M = \frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}, \quad (2.9)$$

Зависимости (рис. 2.28) имеют следующие характерные точки.

**Точка 1** – режим *идеального холостого хода* АД.  $s = 0$ ;  $\omega = \omega_1$ ;  $M = 0$

**Точка 2** – режим *короткого замыкания* АД, или начальный этап пуска двигателя.  $s = 1$ ;  $\omega = 0$ ;  $M = M_{\text{пуск}} = M_{k3}$ ,  $M_{\text{пуск}} = 1,3M_H$ , где  $M_{k3}$  – момент короткого замыкания ( $n_2 = 0$ ) или пусковой момент  $M_{\text{пуск}} = M_{k3}$ .

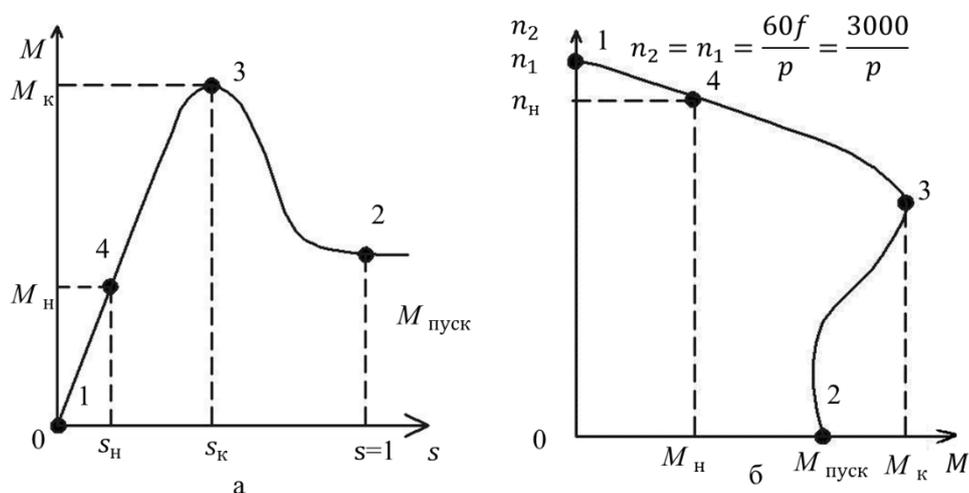


Рис. 2.28. Зависимости момента  $M$  на валу АД от скольжения  $s$  (а) и скорости вращения ротора  $n_2$  от момента  $M$  на валу (б)

**Точка 3** – режим работы двигателя с критическим скольжением  $s_k$ .

$$s = s_k; M = M_k, \text{ (см. уравнение 2.9)}$$

$M_k$  и  $s_k$  – максимальный момент и критическое скольжение двигателя.

**Точка 4** – номинальный режим работы двигателя (работает с *номинальным моментом*  $M_H = M_k/2$  и *номинальным скольжением*  $s_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1}$ ).

**Основные формулы расчета параметров АД:**

$$\text{Активная мощность от сети, Вт: } P_1 = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi,$$

где  $U_L$ ,  $I_L$  – линейные напряжения и токи АД,  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности АД.

$$\text{Мощность на валу двигателя, Вт: } P_2 = \frac{Mn_2}{9554},$$

где  $M$  – момент сопротивления исполнительного механизма, Нм;  $n_2$  – число оборотов двигателя, об/мин.

$$\text{КПД АД: } \eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\text{Нагрузка } R_H = R'_2 \frac{1-s}{s} \text{ определяется величиной скольжения} \quad (2.10)$$

При  $n_2 = n_1$ ,  $s \approx 0$ , – режим холостого хода.

При  $n_2 = 0 \Rightarrow s = 1$  – режим короткого замыкания.

При  $n_2 = n_{2H} \Rightarrow s_H = 0,01 \div 0,05$  – номинальный режим.

$$\text{Скорость вращения ротора из (2.9): } n_2 = n_1(1-s) = \frac{60f}{p}(1-s). \quad (2.11)$$

### Способы регулирования скорости вращения ротора АД (об/мин)

Из зависимостей момента на валу (2.9) и скорости вращения ротора (2.11):

$$M = \frac{2M_k}{s_k/s + s/s_k}, \quad n_2 = \frac{60f_1}{p}(1-s),$$

вытекают три способа регулирования скорости вращения ротора АД изменением: числа пар полюсов  $p$ ; частоты напряжения сети  $f_1$  (с короткозамкнутым ротором) и критического скольжения  $s_k$  (с фазным ротором).

Изменение числа пар полюсов осуществляется коммутационным устройством (КУ) (рис. 2.29).

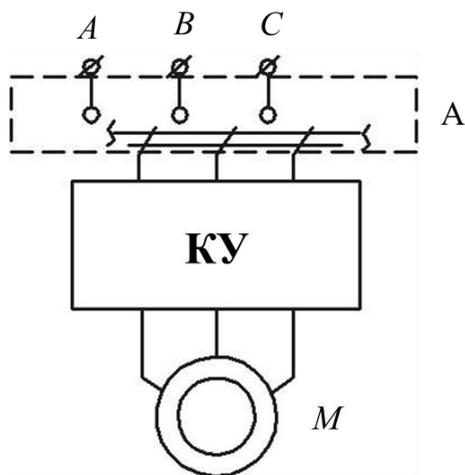


Рис. 2.29. Схема регулирования скорости вращения АД изменением числа пар полюсов: А – автомат; КУ коммутационное устройство

*Преимущества* способа – регулирование без потерь мощности.

*Недостатки:* ступенчатое регулирование скорости (рис. 2.30); наличие КУ увеличивает габариты, вес и стоимость; сравнительно небольшой диапазон регулирования.

Этот способ широко используется в металлообрабатывающих станках.

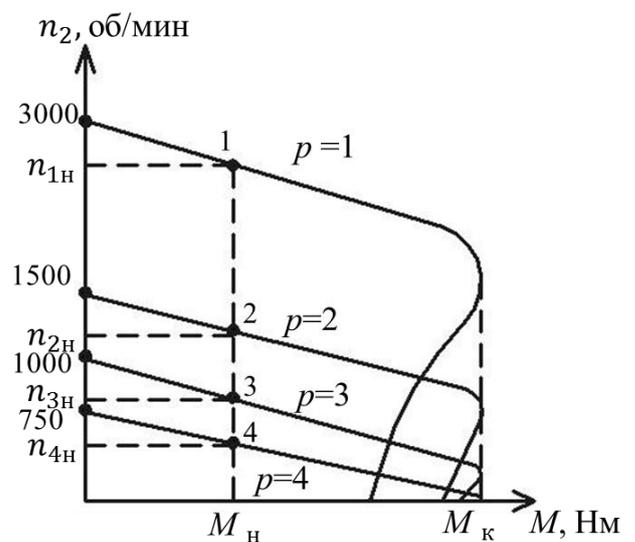


Рис. 2.30. Семейство механических характеристик 4-х скоростного АД

## Изменение частоты напряжения сети

Регулирование осуществляется с помощью преобразователя частоты ПЧ (рис. 2.31).

Транзисторный преобразователь частоты ПЧ включается между автоматом  $A$  и обмоткой статора  $M$ .

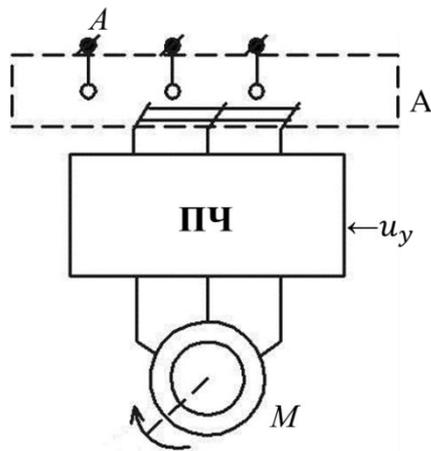


Рис. 2.31. Схема регулирования скорости вращения АД изменением частоты напряжения сети:  
 $A$  – автомат; ПЧ – преобразователь частоты

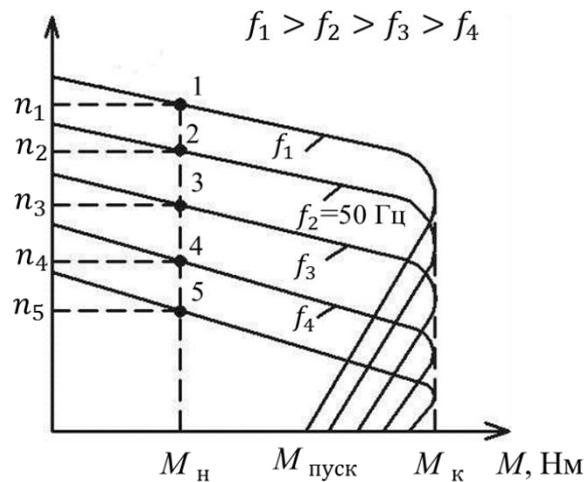


Рис. 2.32. Семейство механических характеристик АД при частотном регулировании скорости

*Преимущества* способа: регулирование без потерь мощности; сравнительно большой диапазон регулирования (рис.2.32).

*Недостатки*: наличие преобразователя частоты увеличивает вес, габариты и стоимость установки. Способ широко применяется на транспорте.

## Изменение критического скольжения $s_k$

Регулирование скорости вращения ротора (для АД с фазным ротором) осуществляется дополнительным сопротивлением  $R_d$  в цепи обмотки ротора.

При этом критическое скольжение: 
$$s_k = \frac{R'_2 + R'_d}{x'_2}$$

где  $R'_d$  – приведенное добавочное сопротивление в цепи ротора;  $R'_2$  и  $x'_2$  – приведенные активные и индуктивные сопротивления фазы ротора.

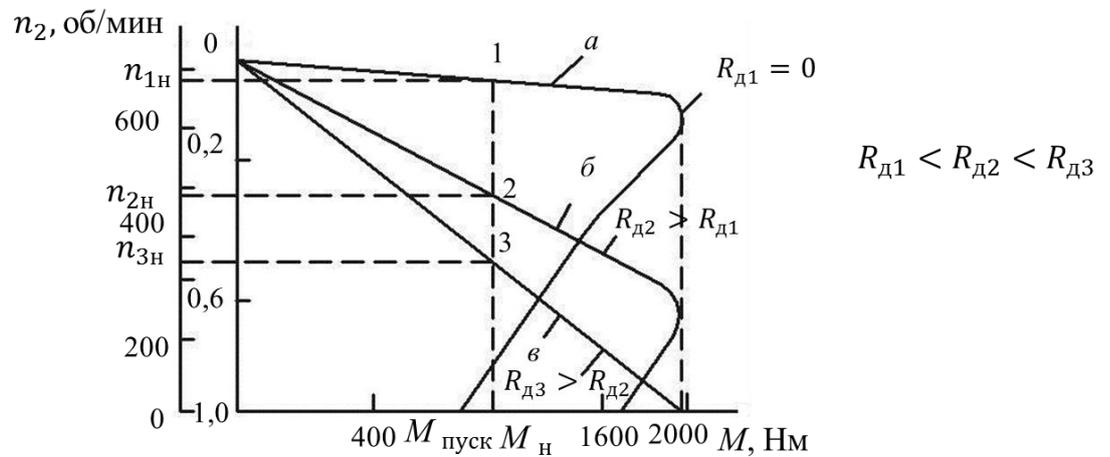


Рис. 2.33. Механические характеристики АД с фазным ротором: естественная (а) и искусственные (реостатные б, в)

На рисунке 2.33 изображены механические характеристики АД для различных значений добавочных сопротивлений. При этом  $R_{d3} > R_{d2} > R_{d1} = 0$ .

*Преимущества* способа: способ простой, не требует больших капитальных затрат.

*Недостатки* способа: потери мощности в реостате ( $\Delta P = 3I_2^2 R_d$ ); сравнительно небольшой диапазон регулирования. При изменении мощности на валу резко меняется скорость вращения АД.