



**СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»**

**Дисциплина:**

**«Автоматизированный электрический привод»**

**Лекция № 2:**

**МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ И  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

**Доцент кафедры к. т. н.**

**ГОРПИНЧЕНКО Александр Владимирович**

1. Механические характеристики исполнительных механизмов (ИМ).
2. Классификация механических характеристик электродвигателей (ЭД).
3. Понятие о статической устойчивости работы электропривода.

## ЛИТЕРАТУРА

М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер  
«Общий курс электропривода», стр. 32...38.

## 1. Механические характеристики исполнительных механизмов.

2

Функциональная зависимость между статическим моментом (моментом сопротивления) и угловой скоростью называется в ЭП **механической характеристикой исполнительного механизма**:  $M_c = f(\Omega)$ .

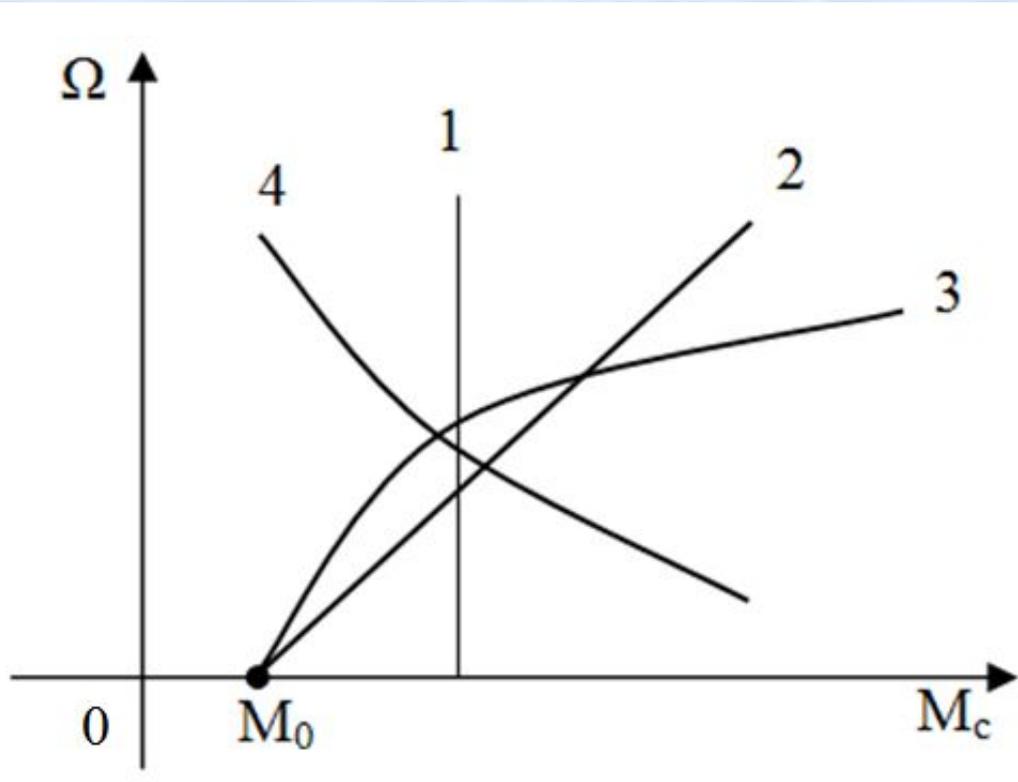


Рисунок 1

Статические моменты исполнительных механизмов делятся на 2 класса:

1. Моменты, не зависящие от параметров движения:  $M_c = \text{const}$  (для грузоподъемных механизмов и для поршневых насосов, работающих на постоянное противодействие).

2. Моменты, зависящие от скорости:  $M_c = f(\Omega)$

Для многих механизмов эта зависимость в общем случае выражается эмпирическим уравнением:

$$M_c = M_0 + (M_{c.H} - M_0) \left( \frac{\Omega}{\Omega_H} \right)^x,$$

где:  $M_c$  – момент сопротивления производственного механизма при скорости  $\Omega$

$M_0$  – начальный статический момент, обусловленный трением,

$M_{c.H}$  – момент сопротивления при номинальной скорости  $\Omega_H$ ,

$x$  – показатель степени, определяющий характер зависимости  $(-1 \leq x \leq 2)$ .

При  $x=1$ , механическая характеристика **линейно-возрастающая** (прямая 2 на рис. 1), момент сопротивления линейно зависит от скорости  $\Omega$ , увеличиваясь с ее возрастанием.

$$\Omega \uparrow \rightarrow E \uparrow \rightarrow I \uparrow \rightarrow M_{\text{эм}} \uparrow = M_c \uparrow$$

При  $x=2$  механическая характеристика **нелинейно-возрастающая** (параболическая) (кривая 3 на рис. 1).

При  $x = -1$  механическая характеристика **нелинейно – спадающая** (кривая 4 на рис.1).

Момент сопротивления  $M_c$  изменяется обратно пропорционально скорости, а мощность, потребляемая механизмом, остается постоянной  $P_{\text{max}} = \text{const}$ .

$$[P_{\text{max}} = M \uparrow \Omega \downarrow]$$

## 2. Классификация механических характеристик электродвигателей

5

**Механической характеристикой ЭД** называется зависимость угловой скорости двигателя от создаваемого им электромагнитного момента:

$$\Omega = f(M) \text{ или } n = f(M)$$

Различают статические МХ и динамические МХ

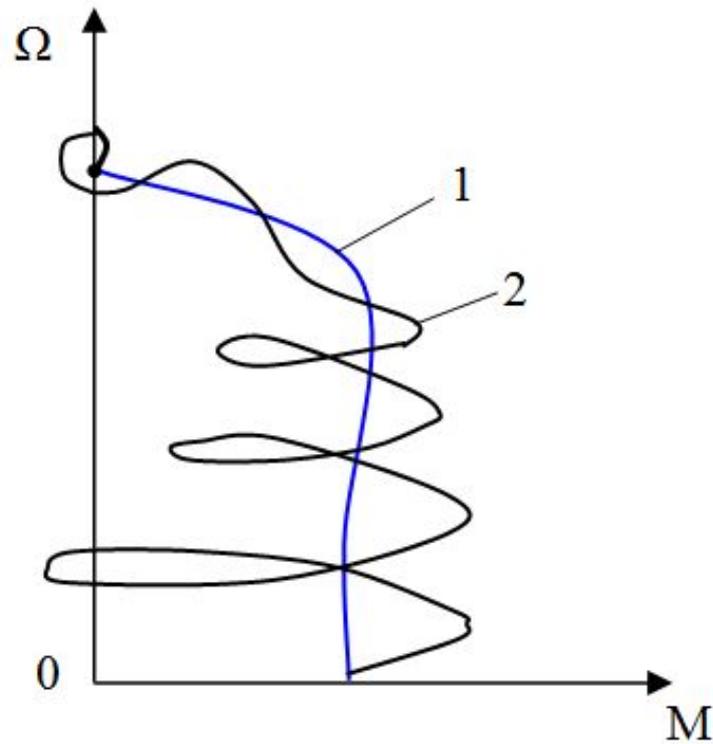


Рисунок 2.

В зависимости от того как электродвигатели изменяют свою скорость с изменением нагрузки различают:

- 1) абсолютно жесткие МХ;
- 2) жесткие МХ;
- 3) мягкие МХ.

Степень жесткости характеристики определяется как производная от момента по скорости  $\beta = \frac{dM}{d\Omega}$  или в приращении  $\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \Omega}$

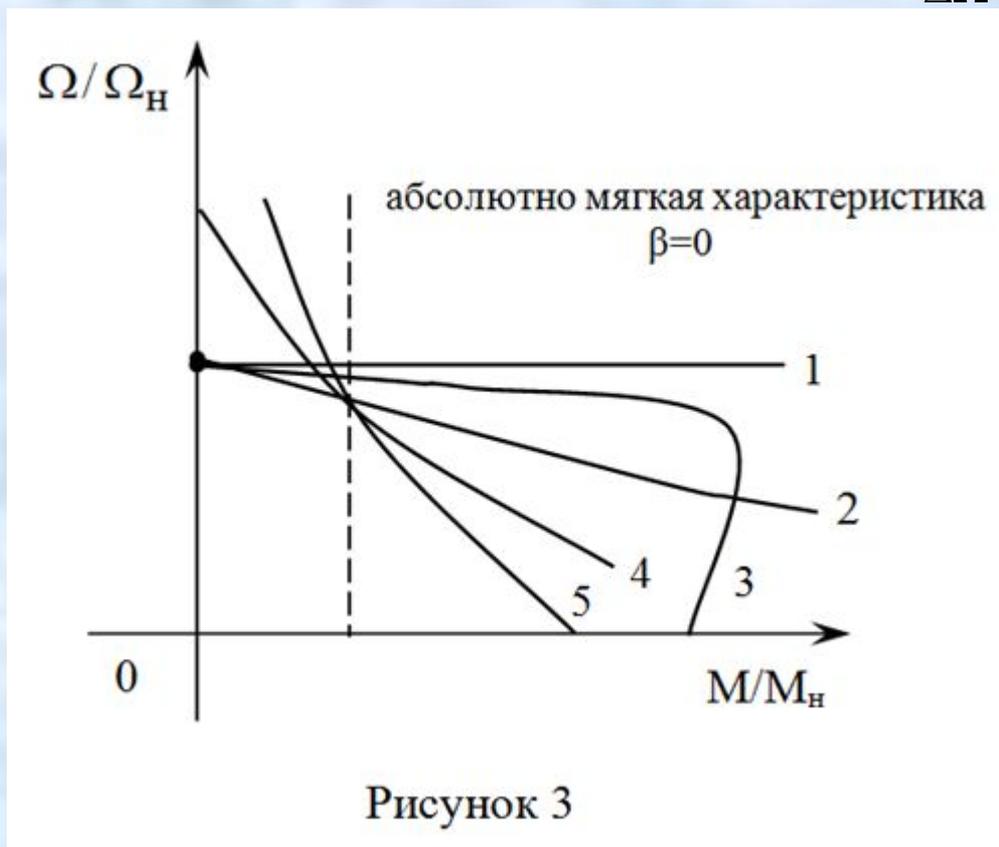


Рисунок 3

**Абсолютно жесткая характеристика**, для которой  $\Omega = \text{const}$ ,  $\beta = \infty$ .

Такую характеристику имеют синхронные электродвигатели (график 1 на рис.3).

**Жесткая характеристика**, для которой  $\Omega$  с ростом  $M$  падает незначительно  $|\beta| \geq 10 \div 40$ .

На таких характеристиках работают ЭД постоянного тока с независимым и параллельным возбуждением (график 2 на рис.3) и асинхронные двигатели в пределах допустимых нагрузок (график 3 на рис.3).

**Мягкая характеристика** для которой  $|\beta| < 10$ . К таким характеристикам относятся характеристики ЭД постоянного тока со смешанным (график 4 на рис. 3) и последовательным возбуждением (график 5 на рис. 3).

Крайний случай мягкой характеристики это когда при  $\Omega = \text{var}$   $M_c = \text{const}$  и  $\beta = 0$ .

Работе ЭД и ИМ в установившемся режиме соответствует равновесие момента сопротивления механизма и вращающего момента двигателя при определенной скорости, т. е.  $M = M_c$ .

Изменение момента сопротивления на валу двигателя приводит к тому, что скорость двигателя и момент, который он развивает, могут автоматически изменяться и привод будет продолжать устойчиво работать при другой скорости с новым значением момента.

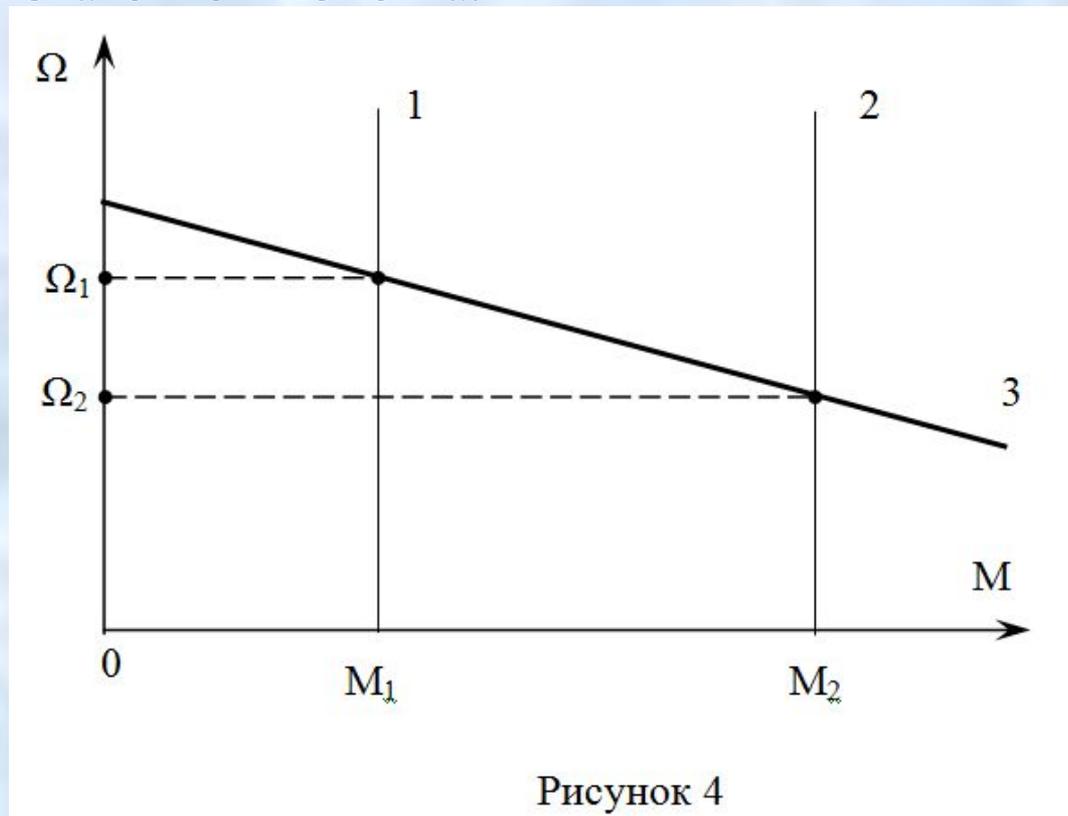
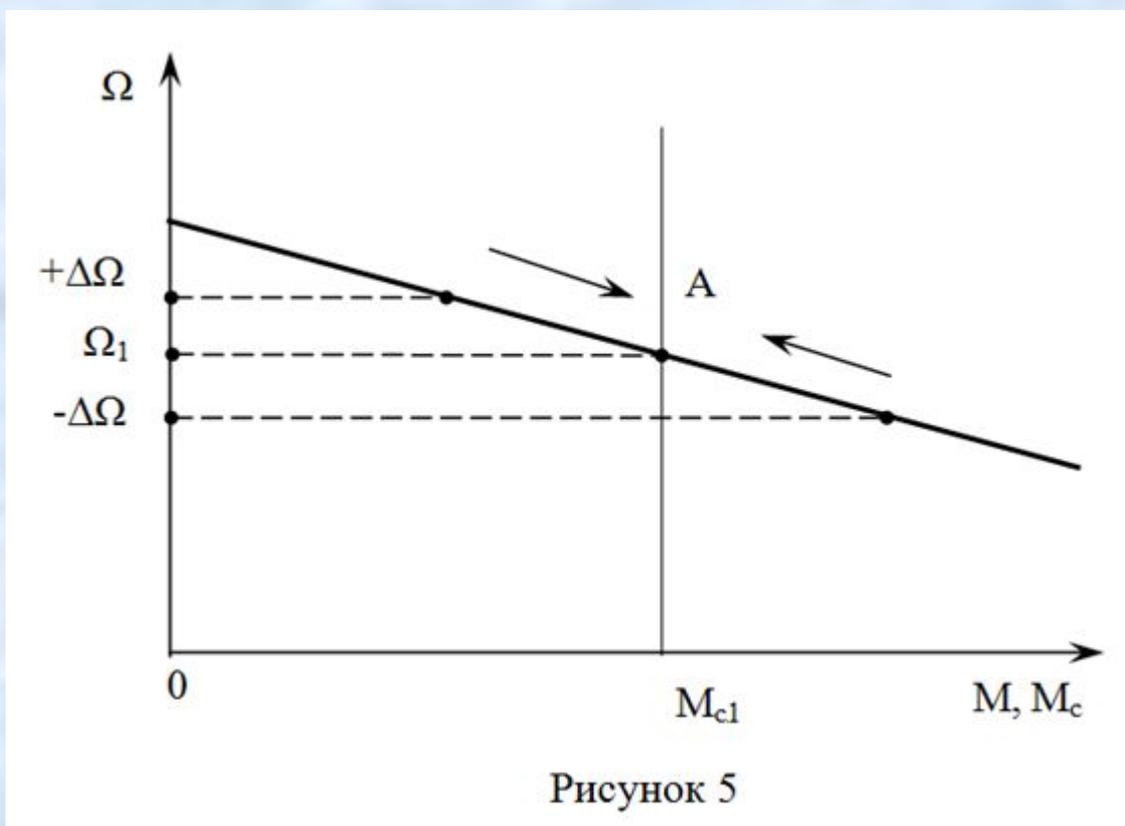


Рисунок 4

Под **статической устойчивостью** понимается такое состояние установившегося режима работы привода, когда при случайно возникшем отклонении скорости от установившегося значения привод возвратится в точку установившегося режима.

При **неустойчивом** движении любое, даже самое малое, отклонение скорости от установившегося значения приводит к изменению состояния привода — он не возвращается в точку установившегося режима.



ЭД при моменте сопротивления  $M_c = M_{c1} = \text{const}$  работает в установленном режиме со скоростью  $\Omega_1$  в точке А. Режим точки А характеризуется  $M = M_{c1}$ .

1  
0

Выведем систему из равновесия.

1. Дадим (+)  $\Delta\Omega$  тогда  $M_c > M$  и  $M - M_c < 0$  и ЭД тормозится до  $\Omega = \Omega_1$ , т.е. система возвращается в исходное состояние.

2. Дадим (-)  $\Delta\Omega$ , тогда  $M > M_c$  и  $M - M_c > 0$  и ЭД разгоняется до  $\Omega = \Omega_1$ , т.е. система возвращается в исходное состояние.

Следовательно, работа ЭП – устойчива.

Если рассмотреть геометрические соотношения при анализе взаимного расположения характеристик, то условием статической устойчивости ЭП будет факт выполнения неравенства  $\frac{dM}{d\Omega} - \frac{dM_c}{d\Omega} < 0$ ,

так называемый, критерий статической устойчивости системы ЭП  $\frac{\Delta M}{\Delta\Omega} - \frac{dM_c}{d\Omega} < 0$ , или  $\beta - \beta_c < 0$ .

Пример устойчивой и неустойчивой работы ЭП рассмотрим при работе АД на нагрузку с  $M_c = \text{const}$ .

В точке N:  $\beta = \frac{-A}{B} < 0$ , а  $\beta_c = 0$ , тогда  $\beta - \beta_c < 0$ , т.е. работа ЭП устойчива.

В точке M:  $\beta = \frac{A}{C} > 0$ , а  $\beta_c = 0$  тогда  $\beta - \beta_c > 0$  т.е. работа ЭП неустойчива.

