



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Дисциплина:

«Автоматизированный электрический привод»

Лекция № 5:

**УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ И
МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИК
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ИХ АНАЛИЗ.**

Доцент кафедры к. т. н.

ГОРПИНЧЕНКО Александр Владимирович

1. Вывод уравнений электромеханической и механической характеристик АД.
2. Анализ электромеханической и механической характеристик АД в двигательном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер
«Общий курс электропривода», стр. 74...81.

1. Вывод уравнений электромеханической и механической характеристик АД.

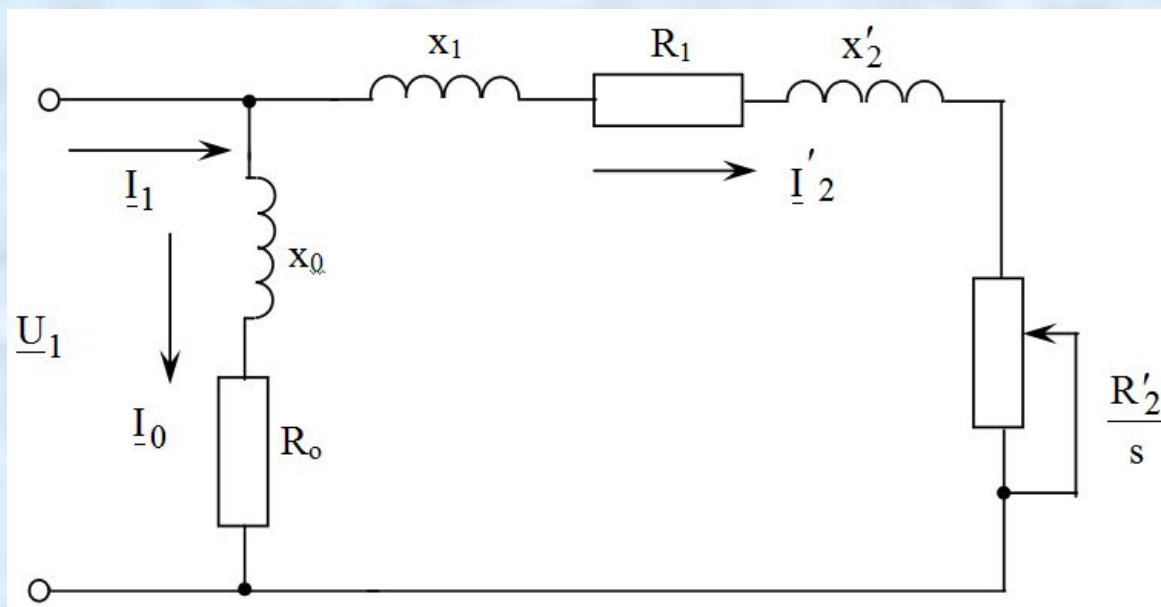


Рисунок 1.

где: U_1 — первичное фазное напряжение; I_1 — фазный ток статора; I'_2 — приведенный ток ротора; x_1 и x'_2 — первичное и вторичное приведенные реактивные сопротивления рассеяния; R_0 и x_0 — активное и реактивное сопротивления контура намагничивания; $s = (\Omega_0 - \Omega) / \Omega_0$ — скольжение двигателя; $\Omega_0 = 2\pi n_0 / 60$ — синхронная угловая скорость двигателя; $\Omega_0 = 2\pi f_1 / p$; R_1 и R'_2 — первичное и вторичное приведенные активные сопротивления; f_1 — частота сети; p — число пар полюсов.

$$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + (x_1 + x'_2)^2}} \quad (1)$$

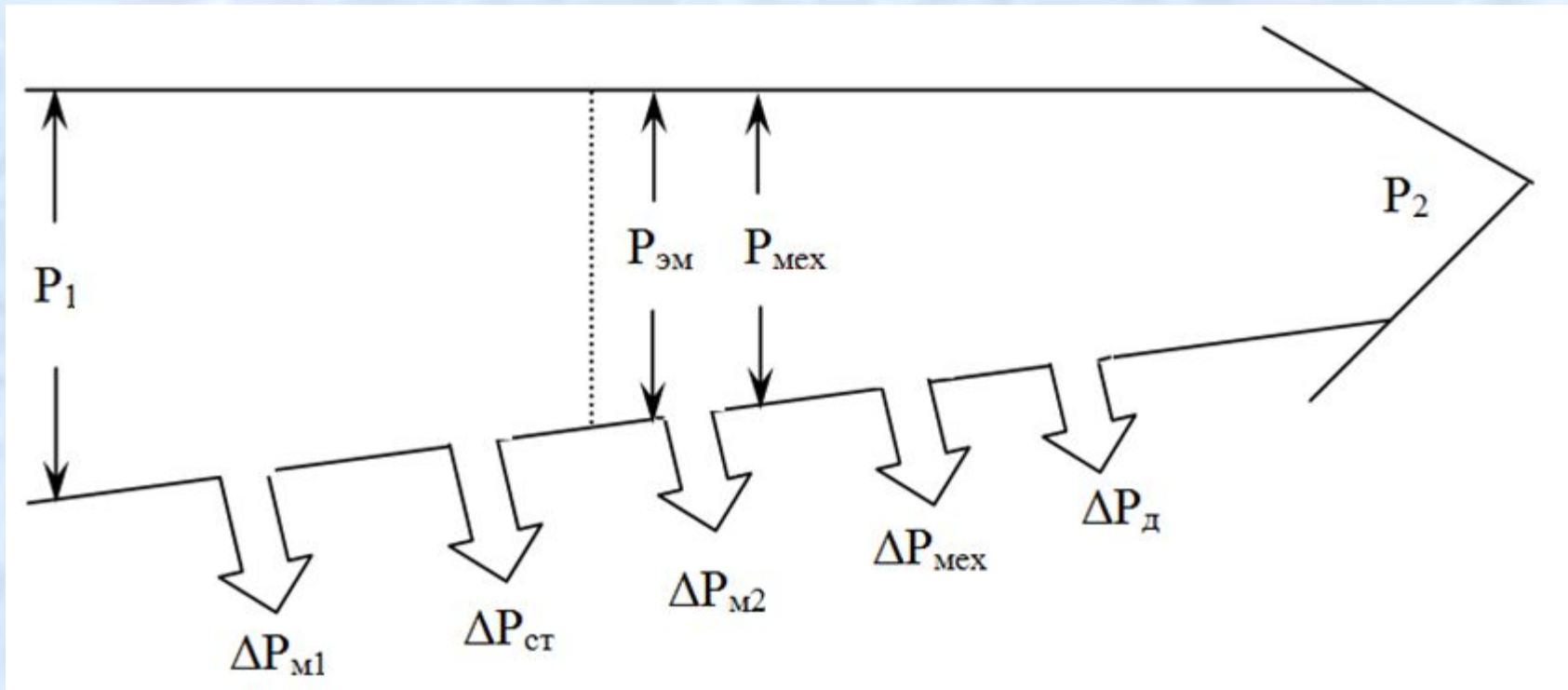


Рисунок 2. Энергетическая диаграммы АД.

$$\Delta P_{M_2} = P_{\text{эм}} - P_{\text{мех}}$$

Учитывая, то что

$$P_{\text{эм}} = M_{\text{эм}} \Omega_0, \quad P_{\text{мех}} = M_{\text{эм}} \Omega$$

$$\Delta P_{M_2} = M_{\text{эм}} (\Omega_0 - \Omega) \frac{\Omega_0}{\Omega_0} = M_{\text{эм}} \Omega_0 s$$

$$\Delta P_{M_2} = 3(I'_2)^2 \cdot R'_2 = M_{\text{эм}} \Omega_0 s$$

Отсюда

$$M_{\text{эм}} = \frac{3(I'_2)^2 R'_2}{\Omega_0 s} \quad (2)$$

Подставив из (1) в (2) получим

$$M_{\text{эм}} = \frac{3U_1^2 R'_2}{\Omega_0 s [(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + (x_1 + x'_2)^2]} \quad (3)$$

2. Анализ электромеханической и механической характеристик АД

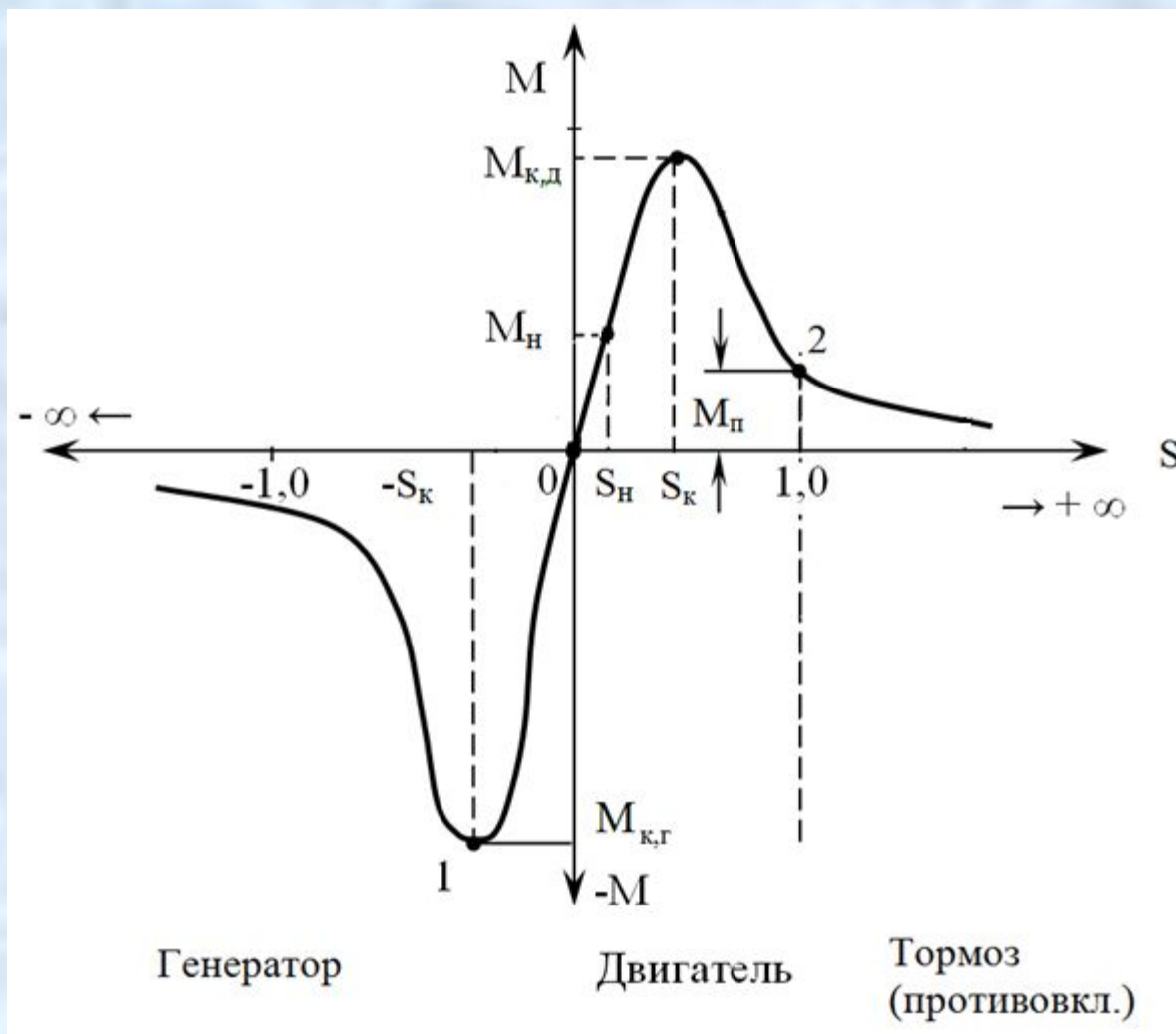


Рисунок 3

2. Анализ электромеханической и механической характеристик АД

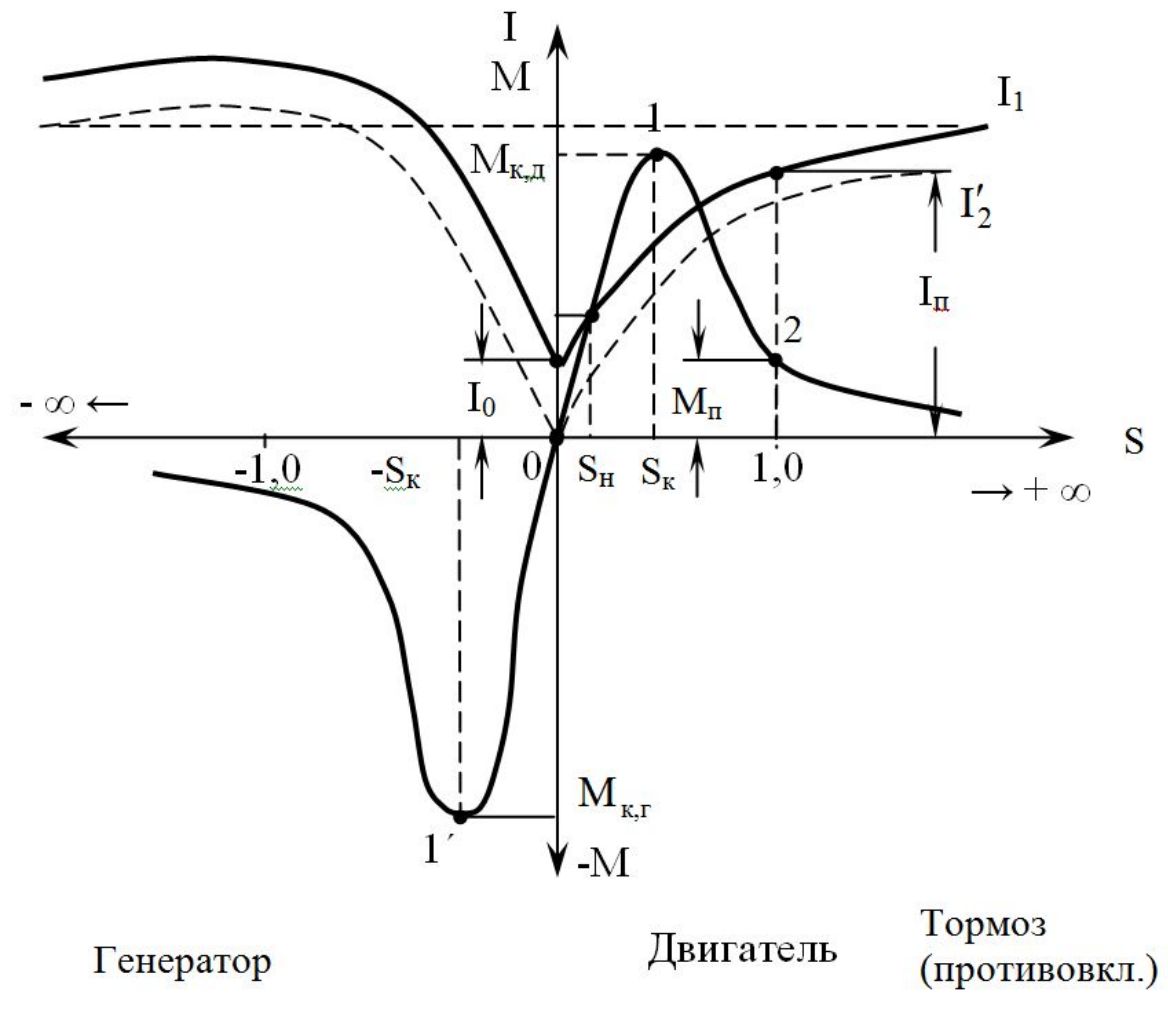


Рисунок 3

Приравнивая $dM/ds = 0$, определяем значение критического скольжения s_k , при котором двигатель развивает максимальный (критический) момент

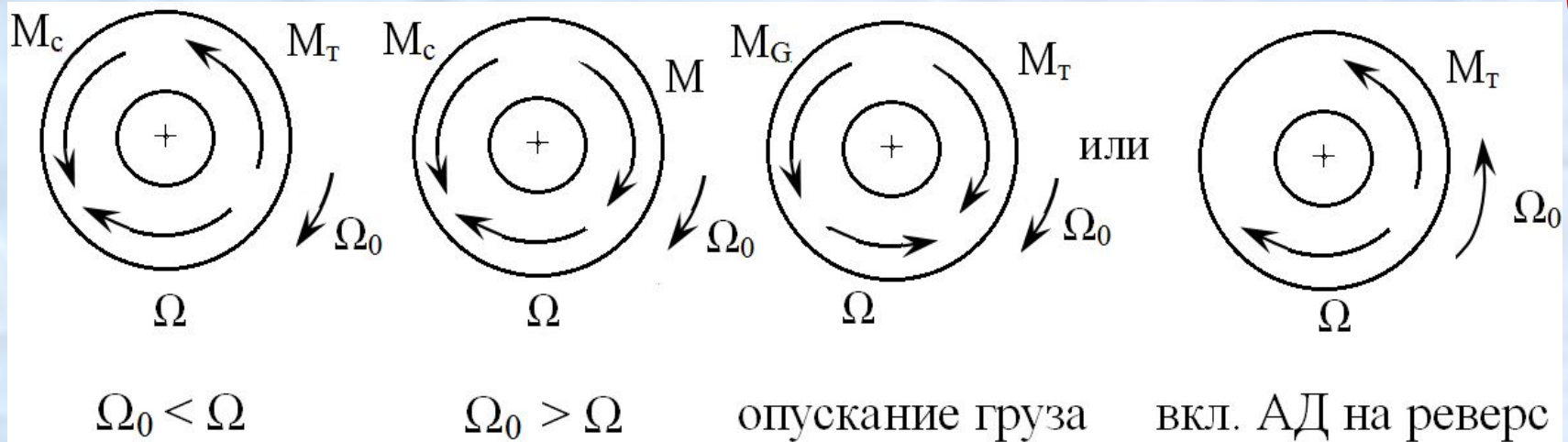
$$s_k = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (x_1 + x'_2)^2}} \quad (4)$$

Подставляя значение (4) в (3), находим выражение для максимального момента

$$M_k = \frac{3U_1^2}{2\Omega_0 [(R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (x_1 + x'_2)^2})]} \quad (5)$$

Знак «+» в равенствах (4) и (5) относится к двигательному режиму (или торможению противовключением),

знак «-» — к генераторному режиму работы параллельно с сетью (при $\Omega > \Omega_0$).



$$s = \frac{\Omega_0 - \Omega}{\Omega_0} < 0$$

$$1 > s = \frac{\Omega_0 - \Omega}{\Omega_0} > 0$$

$$s = \frac{\Omega_0 + \Omega}{\Omega_0} > 1$$

Как видно из (3), момент двигателя пропорционален квадрату напряжения, поэтому АД чувствителен к колебаниям напряжения сети.

Критическое скольжение и угловая скорость идеального холостого хода не зависят от напряжения.

На рис. 3 приведена механическая характеристика асинхронного двигателя. Ее характерные точки:

- 1) $s = 0$; $M = 0$, при этом скорость двигателя равна синхронной;
- 2) $s = s_{\text{НОМ}}$; $M = M_{\text{НОМ}}$, что соответствует номинальной скорости и номинальному моменту;
- 3) $s = s_{\text{К}}$; $M = M_{\text{К,Д}}$ — максимальный момент в двигательном режиме;

$$4) s = 1,0; M_{\text{П}} = M_{\text{Н}} = \frac{2M_{\text{К}} \cdot (1 + as_{\text{К}}) \cdot s_{\text{К}}}{1 + s_{\text{К}}^2(1 + 2a)} \text{ — начальный пусковой момент,}$$

где $a = R_1/R_2'$;

- 5) $s = -s_{\text{К}}$; $M = -M_{\text{К,Г}}$ — максимальный момент в генераторном режиме работы параллельно с сетью.

При $s > 1,0$ двигатель работает в режиме торможения противовключением, при $s < 0$ имеет место генераторный режим работы параллельно с сетью.

При $s=1$ (что соответствует режиму пуска АД), на характеристике $M=f(s)$ (рис. 3) точка 2.

Возможности запуска АД характеризуются кратностью пускового тока

$$k_i = \frac{I_n}{I_H} \quad (k_i = 4 \div 7)$$

и кратностью пускового момента

$$k_n = \frac{M_{\Pi}}{M_H} \quad (k_n = 3 \div 1,5) \text{ для серийно выпускаемых АД.}$$

Простое выражение для описания механической характеристики, предложенное М. Клоссом :

$$M = \frac{2M_K}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}} \quad (6)$$

В выражении (6)
 $s_K = s_H (k_M \pm \sqrt{k_M^2 - 1})$ получили при $M = M_H$ и $s = s_H$.

В электроприводе механическую и электромеханическую характеристики обычно изображают в осях $\Omega = f(M)$, $\Omega = f(I)$.

На рис. 4 и 5 представлены соответственно механическая и электромеханическая характеристики АД.

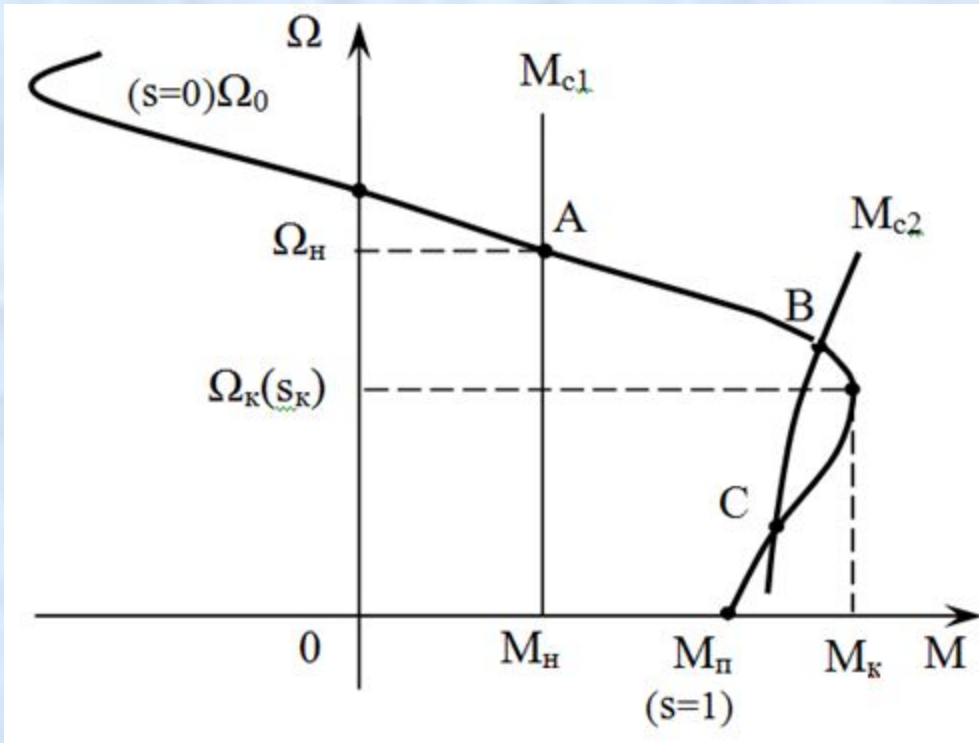


Рисунок 4.

В точках А и В АД работает устойчиво.

Точка С на механической характеристике является точкой неустойчивой работы АД поскольку не выполняется условие устойчивой работы $\frac{dM}{d\Omega} < \frac{dM_c}{d\Omega}$.

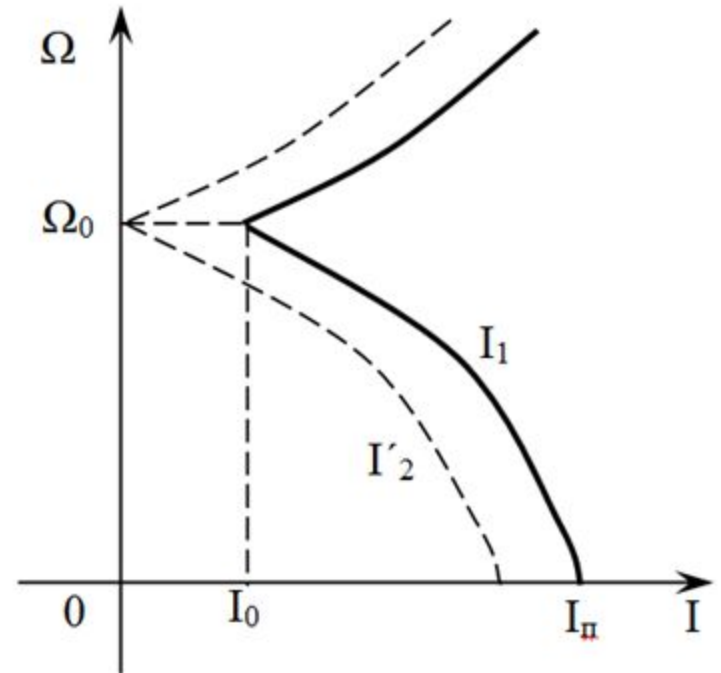


Рисунок 5.

Для устойчивой работы АД важное значение имеет кратность критического момента или перегрузочная способность $k_M = \frac{M_K}{M_H}$, $k_M = (3 \dots 1,5)$ для серийно выпускаемых АД.

При возмущениях момента двигатель продолжает работать, если имеется запас статической устойчивости, определяемый k_M .

Статическое падение (перепад) скорости в относительных единицах на электромеханической характеристике АД при номинальном моменте определяется его номинальным скольжением

$$\Delta\Omega_{\text{о.е.}} = \frac{\Omega_0 - \Omega_H}{\Omega_0} = s_H$$

Значение s_H зависит от R_2' .

Наименьшим s_H при одинаковой мощности и числе полюсов обладают обычно двигатели с КЗ ротором нормального исполнения.

Характеристики серийно выпускаемых АД достаточно жесткие $s_H = 0,02 \div 0,05$.