



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Дисциплина:

«Автоматизированный электрический привод»

Лекция № 8:

**РЕГУЛИРОВАНИЕ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ
ВРАЩЕНИЯ ЭП ПОСТОЯННОГО ТОКА
ТРАДИЦИОННЫМИ СПОСОБАМИ**

Доцент кафедры к. т. н.

ГОРПИНЧЕНКО Александр Владимирович

- 1) Основные показатели регулирования скорости вращения ЭП.
- 2) Регулирование скорости вращения ЭД постоянного тока изменением сопротивления цепи якоря ЭД.
- 3) Регулирование скорости вращения ЭД постоянного тока изменением магнитного потока ЭД.
- 4) Регулирование скорости вращения ЭД постоянного тока изменением подводимого напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер
«Общий курс электропривода», стр. 93...116.

К основным показателям регулирования скорости Ω относятся:

1) **диапазон регулирования** (пределы регулирования)

$$D = \Omega_{\max} / \Omega_{\min};$$

2) **плавность регулирования**, которая характеризуется отношением двух скоростей Ω на соседних ступенях регулирования, плавность тем лучше, чем больше ступеней регулирования в заданном диапазоне;

3) **экономичность регулирования**, характеризуется затратами на сооружение и эксплуатацию электропривода.

4) **стабильность работы на заданной скорости**, которая определяется изменением скорости Ω ЭП при возможном отклонении статического момента сопротивления от заданного значения, стабильность тем выше, чем больше жесткость механической характеристики;

5) **направление регулирования скорости вращения**, которое показывает возможность регулирования (изменение скорости выше или ниже от основной скорости);

6) **допустимая нагрузка двигателя**, т. е. наибольшее значение момента, который двигатель способен развивать длительно при работе на регулировочных характеристиках, определяется нагревом двигателя и для разных способов регулирования будет различной.

Из уравнения:

$$\Omega = (U - I \cdot R) / k \cdot \Phi$$

вытекает, что возможны три принципиально различных способа регулирования угловой скорости двигателя:

- 1) изменением сопротивления цепи якоря посредством резисторов (реостатное);
- 2) изменением тока возбуждения (магнитного потока) двигателя;
- 3) изменением подводимого к якорю двигателя напряжения.

2. Регулирование скорости вращения ЭП постоянного тока изменением сопротивления цепи якоря ЭД.

4

Пусть ЭД параллельного возбуждения работает с моментом в точке **A** EMX на рис. 1. Включим в цепь якоря регулировочный резистор. Работа ЭП будет определяться искусственной характеристикой (2), наклон которой зависит от сопротивления регулировочного резистора (переход по стрелке).

В точке **B** $M_{c1} > M$ и $\Omega \downarrow$.
Новое, установившееся значение скорости Ω будет в точке **C**, где $M_{c1} = M$.

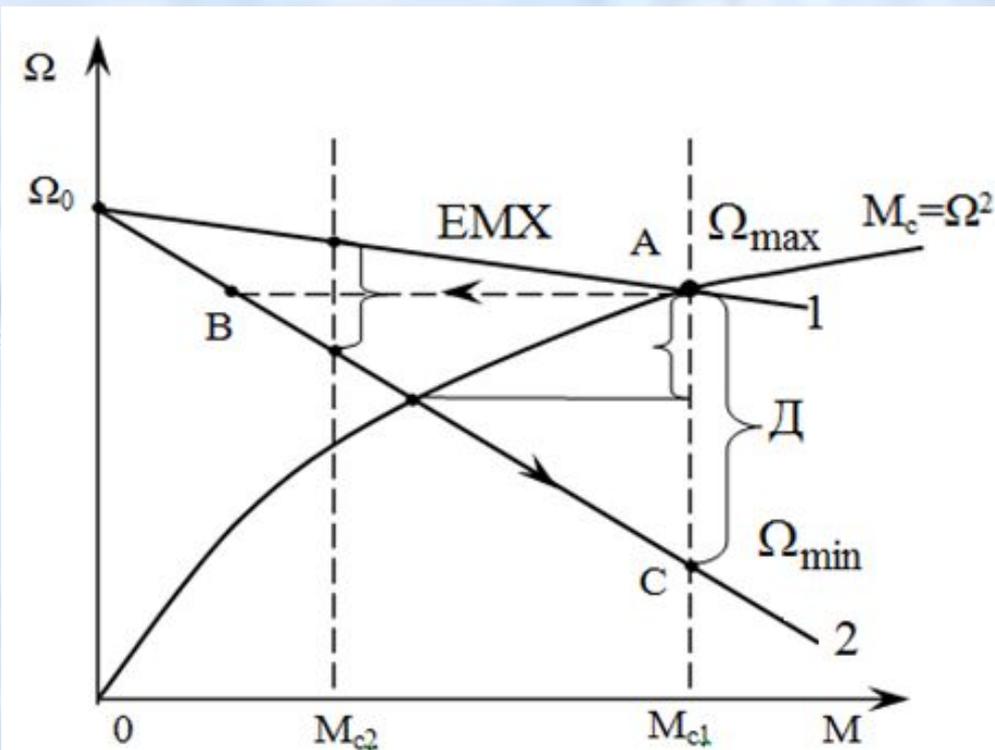


Рисунок 1

Показатели регулирования:

1. Регулирование возможно только вниз от основной скорости Ω .
2. Диапазон регулирования зависит от нагрузки ЭД и от вида механической характеристики ИМ. С уменьшением нагрузки диапазон уменьшается. При холостом ходе регулирование невозможно. При $M_c = \text{const}$ диапазон D – больше, чем при $M_c \equiv \Omega^2$.
3. Плавность регулирования зависит от числа ступеней регулировочного реостата.
4. Экономичность регулирования невелика из-за больших потерь в регулировочном реостате (по нему идет ток якоря).
5. Стабильность регулирования работы на искусственных характеристиках будет тем меньше, чем мягче характеристики, т.е. зависит от величины сопротивления резистора R_p .

Малая экономичность, громоздкость регулировочных реостатов ограничивают применение этого способа регулирования и он применяется лишь для ЭП, работающих в кратковременных режимах.

3. Регулирование скорости вращения ЭП изменением магнитного потока ЭД.

Пусть ЭД параллельного возбуждения работает в точке А на ЕМХ (1) Рис 2.

Если $I_B \downarrow \rightarrow \Phi \downarrow$ и скорость ЭП увеличится (по стрелке). ЭД перейдет на характеристику (2). Устойчивая работа будет в точке В. Обычно $\Phi = \Phi_H$, при $I_B = I_{B \max}$ т.е. в цепи ОВ отсутствует регулировочный резистор.

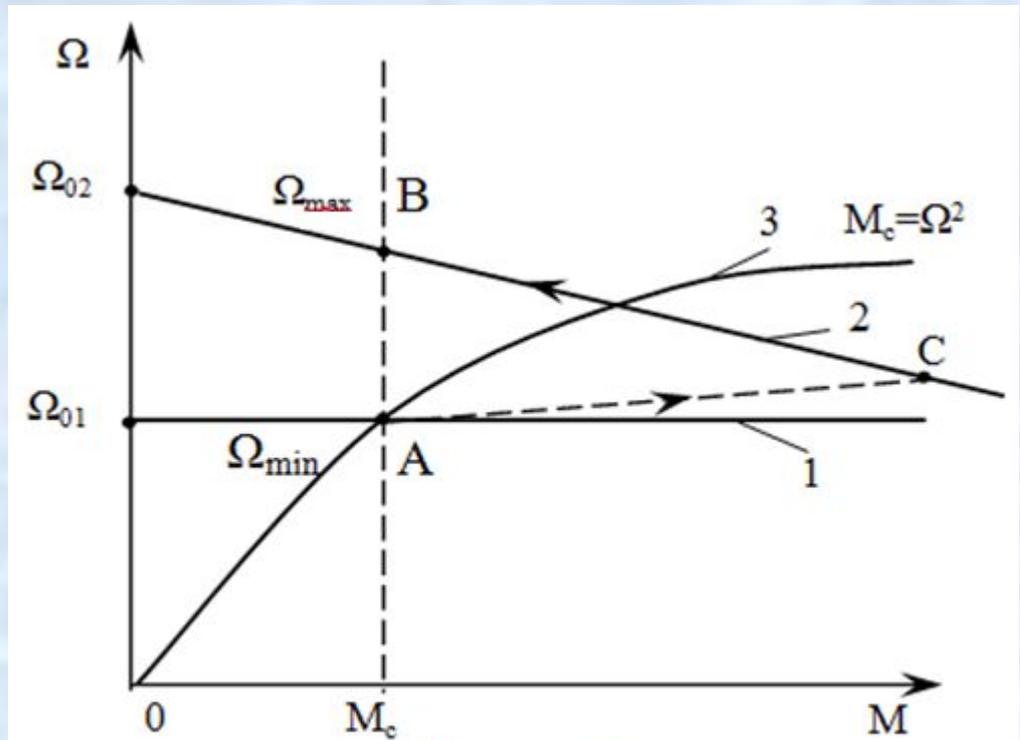


Рисунок 2

В этих условиях:

1. Регулирование возможно только вверх от основной скорости.
2. Диапазон регулирования определяется механической характеристикой ИМ и ограничивается механическими и электрическими факторами. Обычно при $\Omega \uparrow$ ток ЭД будет возрастать, это ведёт к росту реактивной Э.Д.С. и ухудшению коммутации.
3. Плавность регулирования большая т.к. регулировочный реостат в цепи возбуждения можно легко выполнить на большое число ступеней.
4. Экономичность регулирования высокая т.к. ток возбуждения невелик и потери незначительны.
5. Стабильность регулирования (работа на искусственной характеристике) с увеличением скорости уменьшается т.к. характеристика становится менее жесткой.

Регулирование скорости вращения ЭД изменением магнитного потока до настоящего времени находит применение.

4. Регулирование скорости вращения ЭП подводимого к якору напряжения.

8

Повышение подводимого напряжения U сверх значения отрицательно сказывается на условиях коммутации и сроке службы ЭД. Снижение напряжения U приводит к $\Omega \downarrow$, т.е. осуществляется регулирование скорости Ω вниз от основной.

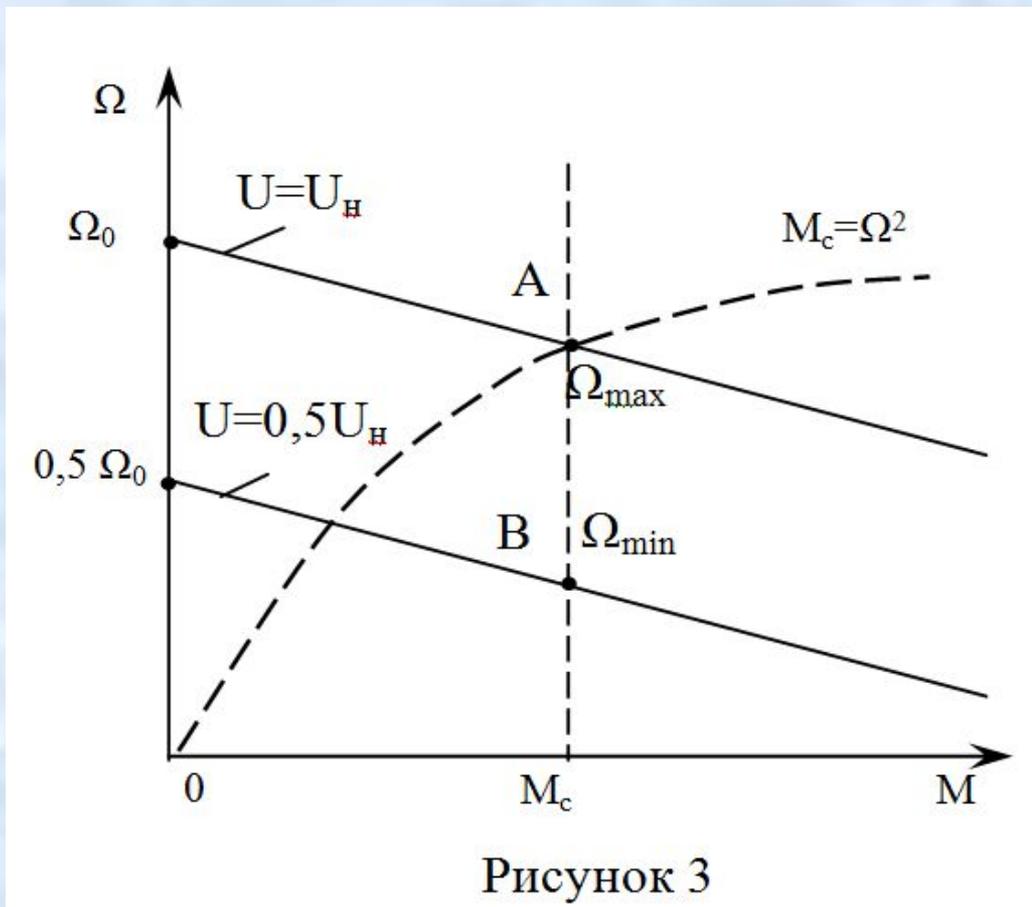


Рисунок 3

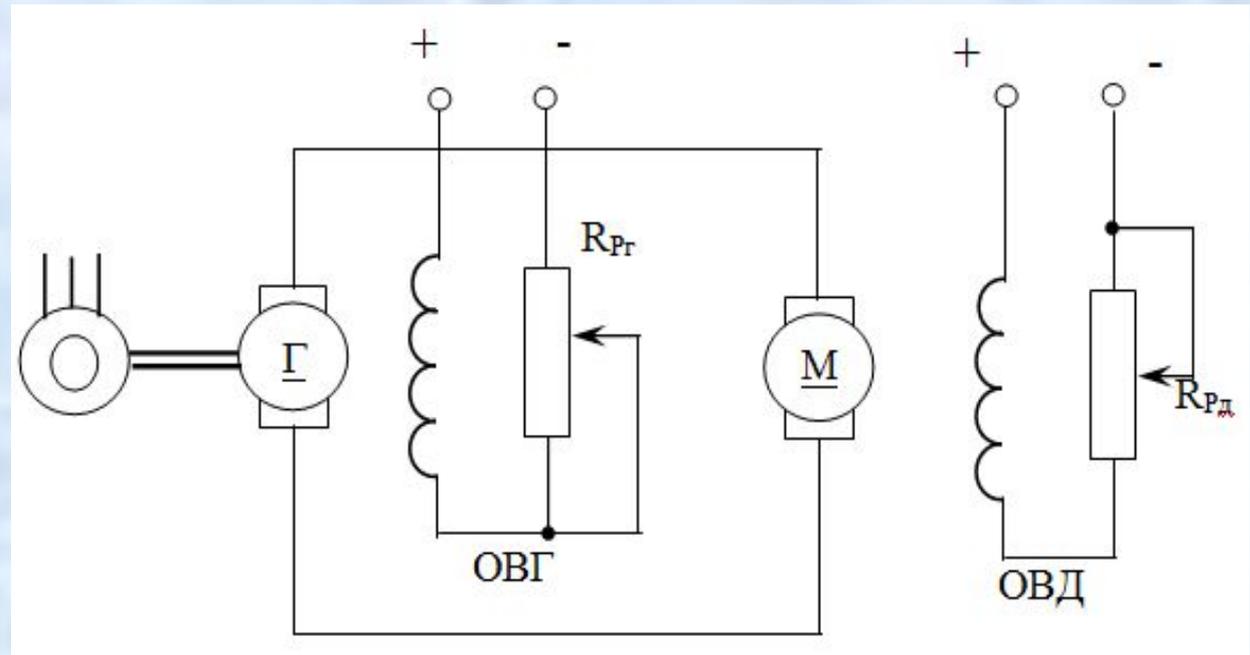
Диапазон, плавность и экономичность регулирования зависят от типа системы управления напряжением.

а) Система генератор-двигатель (Г-Д).

Система Г-Д позволяет плавно регулировать скорость Ω путем изменения напряжения на якоре ЭД. Особенность системы – непосредственное соединение якорей генератора и двигателя. Регулирование напряжения U_G производится изменением тока $I_{ВГ}$. Для расширения диапазона регулирования иногда применяется изменение тока $I_{ВД}$.

Регулирование скорости Ω ЭД изменением напряжения U_G производится вниз, а изменением Φ в ЭД - вверх от основной.

Рисунок



б) Система управляемый выпрямитель-двигатель (УВ-Д).

Создание этой системы и её широкое применение для регулирования ЭД постоянного тока стало возможным с внедрением силовой полупроводниковой техники.

Среднее значение выпрямленного напряжения определяется соотношением (без учета падения напряжения на тиристоре)

$$U_d = U_{d_0} \cos \alpha - I_d \left(\frac{x_T m}{2\pi} + R_T + R_L \right)$$

где $U_{d_0} = \frac{m}{\pi} \sqrt{2} U \sin \frac{\pi}{m}$ - среднее значение выпрямленного напряжения при холостом ходе выпрямителя и полностью открытых тиристорах;

U – действующее значение переменного фазного напряжения ;

m – число фаз выпрямителя ;

x_T , R_T - соответственно приведенные к вторичной обмотке индуктивное сопротивление рассеяния обмоток фазы трансформатора и их активное сопротивление;

R_L - активное сопротивление сглаживающего реактора.

Уравнение электромеханической характеристики ЭД
независимого возбуждения в системе УВ-Д

$$\Omega = (U_{d_0} \cos \alpha - IR_{\vartheta}) / k\Phi, \quad (2)$$

а уравнение механической характеристики

$$\Omega = U_{d_0} \cos \alpha / k\Phi - MR_{\vartheta} / (k\Phi)^2, \quad (3)$$

где $R_{\vartheta} = x_l m / 2\pi + R_m + R_L + R_a$

В качестве полупроводниковых элементов в зависимости от мощности ЭД применяются силовые транзисторы и тиристоры.

Регулирование напряжения на выходе преобразователя напряжения происходит за счет изменения угла открытия полупроводникового прибора.

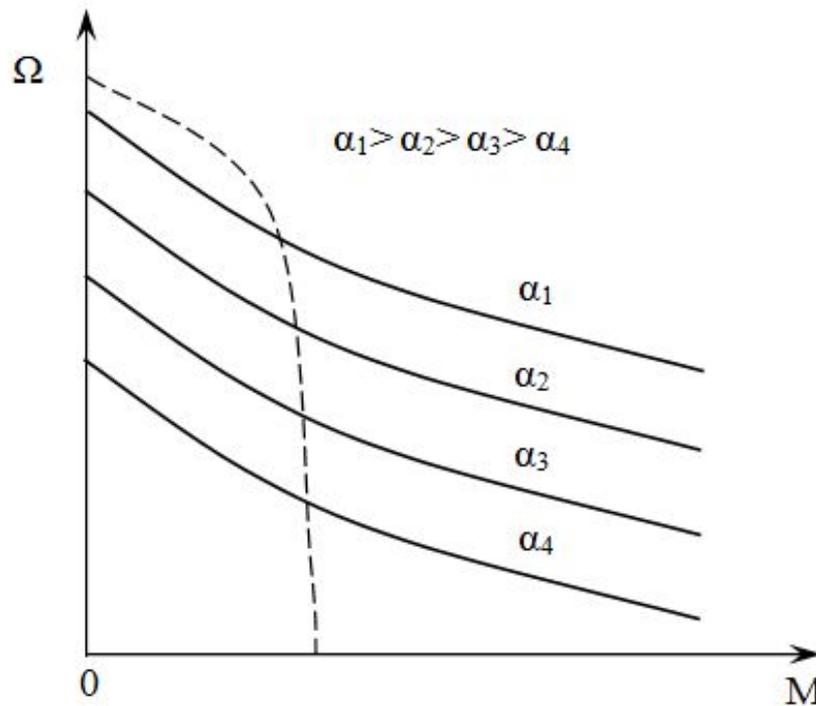


Рисунок 5. Механические характеристики ЭД постоянного тока независимого возбуждения, управляемого от тиристорного выпрямителя.

Система УВ-Д на тиристорах имеет следующие преимущества перед системой Г-Д:

- 1) компактна, имеет сравнительно небольшой вес;
- 2) надежна в эксплуатации, не содержит вращающихся частей;
- 3) обладает высоким быстродействием;
- 4) экономична.