



# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

# Регулирование координат в разомкнутых структурах

## Реостатное регулирование

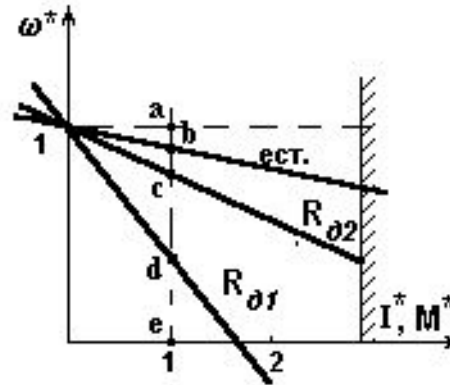
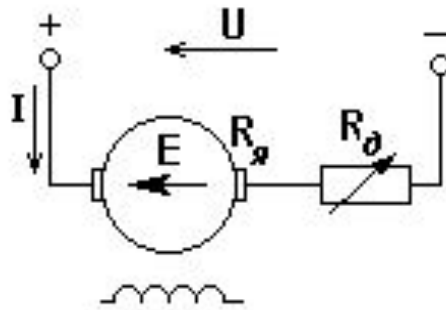


Схема и характеристики при реостатном регулировании двигателя независимого возбуждения

В соответствии

$$\omega = \frac{U - IR}{k\Phi}$$

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{MR}{(k\Phi)^2}$$

скорость идеального холостого хода при  $U_H$  и  $\Phi_H$  и включении  $R_D$  не изменится:

$$\omega_0 = \frac{U_H}{k\Phi_H}$$

$$\Delta\omega = \frac{IR}{k\Phi_H} = \frac{MR}{(k\Phi_H)^2}$$

а наклон характеристик

будет увеличиваться пропорционально

$R = R_я + R_D$ , при  $I^* = M^* = I$

$$\Delta\omega^* = R^*, \quad (16)$$

где  $\Delta\omega^* = 1 - \omega^*$ ,

$$R^* = \frac{R}{R_H} = \frac{RI_H}{U_H}$$

В электроприводе с двигателем последовательного возбуждения при  $U=U_H$  и известной естественной характеристике

$$\omega_e = \frac{U_H - I(R_{\text{я}} + R_{\text{в}})}{k\Phi}$$

используя уравнение искусственных характеристик при реостатном регулировании

$$\omega_{\text{и}} = \frac{U_H - I(R_{\text{я}} + R_{\text{в}} + R_{\text{д}})}{k\Phi}$$

получаем соотношение для расчета  $\omega_{\text{и}}$  для любого тока:

$$\omega_{\text{и}} = \omega_e \frac{U_H - I(R_{\text{я}} + R_{\text{в}} + R_{\text{д}})}{U_H - I(R_{\text{я}} + R_{\text{в}})}. \quad (17)$$

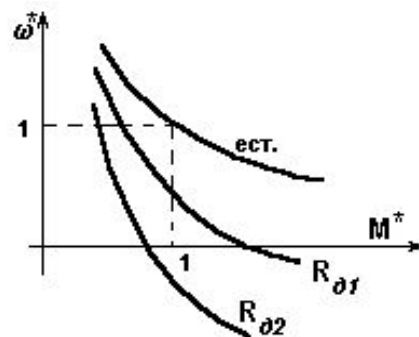
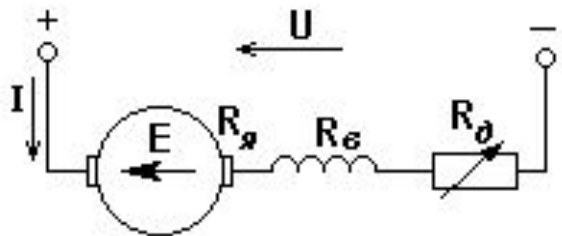


Схема и характеристики при реостатном регулировании двигателя последовательного возбуждения

## Питание якорной цепи от источника тока ( $I=const$ )

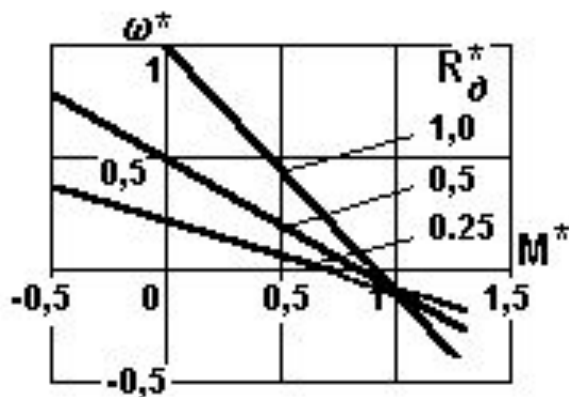
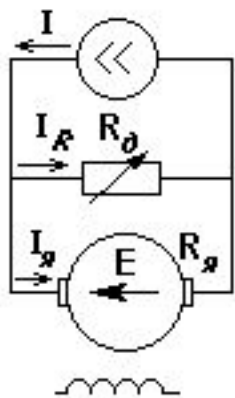


Схема и характеристики при реостатном  
регулировании  
в системе источник тока – двигатель

Характеристики получаются из основных уравнений

$$M^* = I^*_{я} \Phi^*$$

и

$$E^* = \Phi^* \omega^*,$$

дополненных уравнениями для электрических цепей:

$$I^* = I^*_{я} + I^* R$$

$$E^* = I R^* R_d^* - I_{я}^* R_{я}^*.$$

$$\omega^* = \frac{I^* R_d^*}{\Phi^*} - \frac{M^* (R_d^* + R_{я}^*)}{(\Phi^*)^2} \quad (18)$$

Скорость идеального холостого хода  $\omega_0^* = \frac{I^* R_d^*}{\Phi^*}$

Момент короткого замыкания  $M_{к.з}^* = I^* \Phi^* \frac{R_d^*}{R_d^* + R_{я}^*} \approx I^* \Phi^*$

## Оценка реостатного способа регулирования

1. Регулирование однозонное – вниз от основной скорости.
  2. Диапазон реостатного регулирования невелик (2-2,5):1, при изменении  $M_c$  на 40-50%.
- Стабильность скорости – низкая, жесткость характеристик падает с ростом  $R$ .

$$M = \frac{U_H c - \omega c^2}{R}$$

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} = -\frac{c^2}{R} \equiv -\frac{1}{R}$$

3. Реостатное регулирование – ступенчатое.
4. Потери энергии при регулировании значительны и связаны с глубиной регулирования.
5. Капитальные затраты на реостатное регулирование сравнительно невелики.

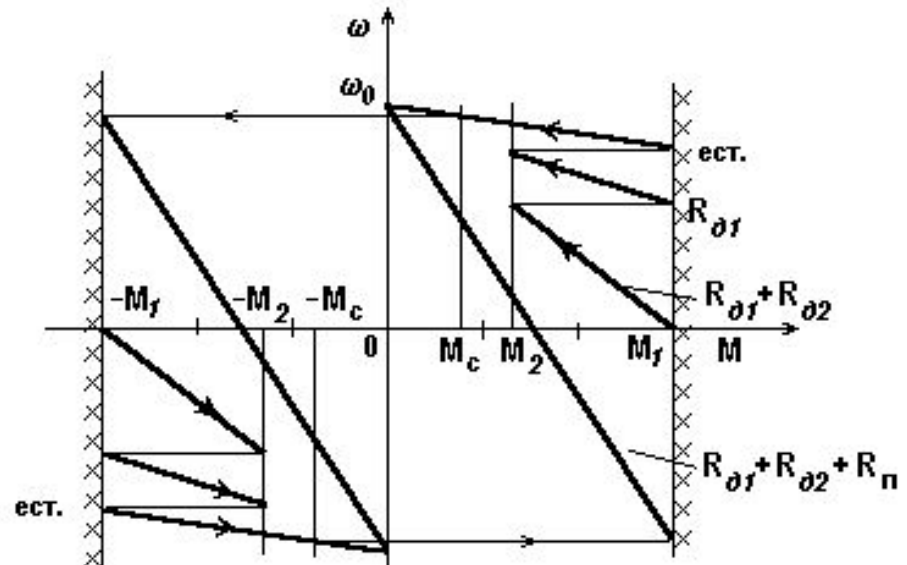
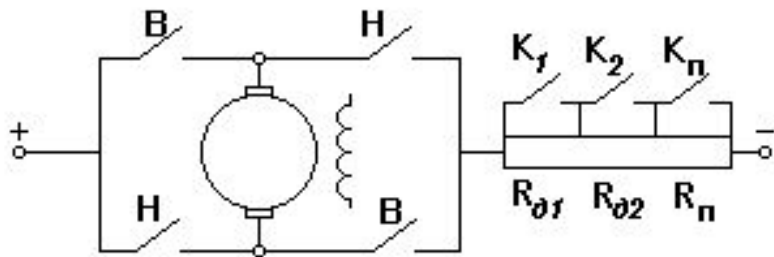


Схема реостатного пуска – реверса двигателя постоянного тока независимого возбуждения и пусковая диаграмма

# Регулирование координат изменением магнитного потока

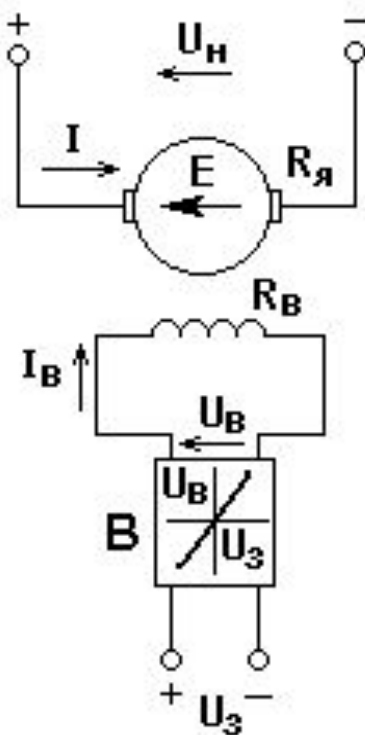
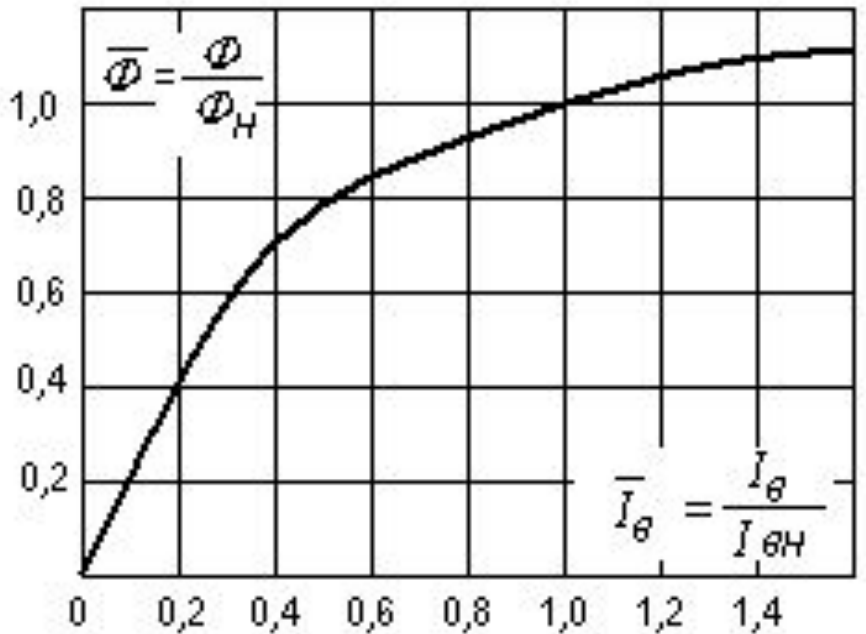
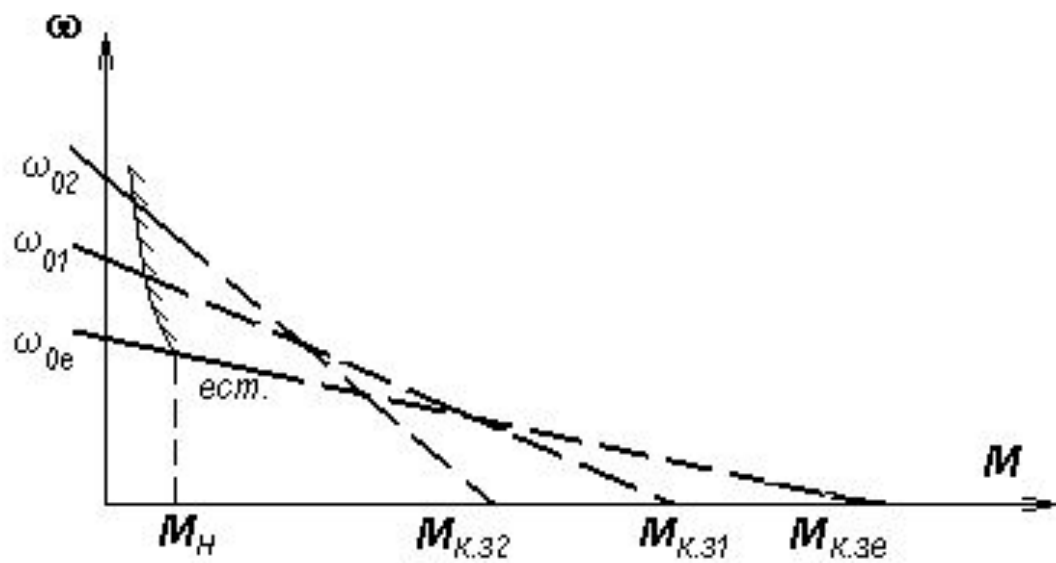
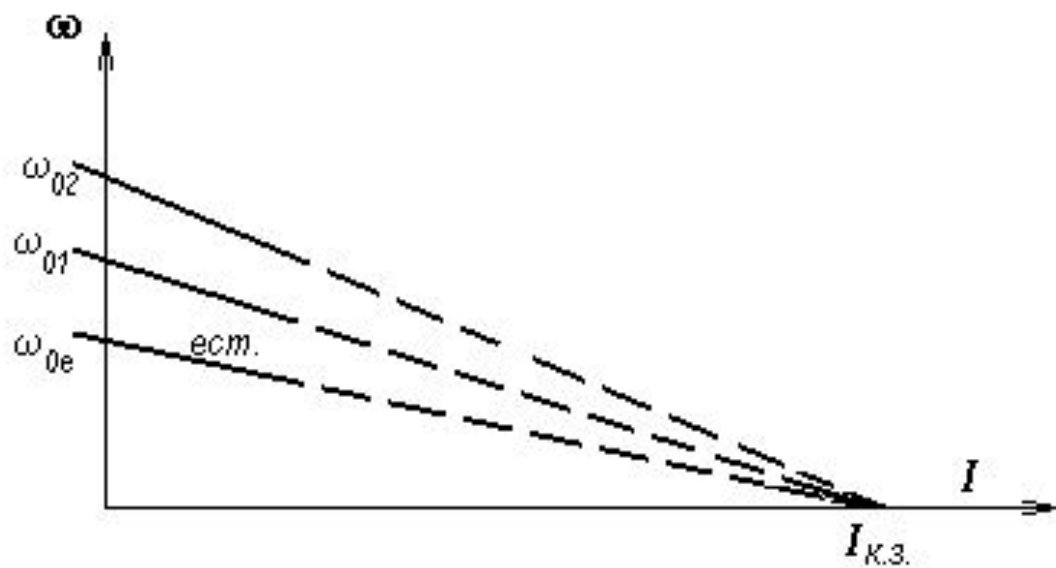


Схема электропривода с регулированием скорости изменением магнитного потока



Типичная кривая намагничивания машины постоянного тока



Характеристики двигателя постоянного тока при ослаблении поля

## Оценка регулирования изменением магнитного потока

1. Регулирование скорости при  $U = const$  однозонное – вверх от основной скорости.
2. Диапазон регулирования скорости может быть значительным – до (3-4):1.
3. Регулирование скорости плавное, можно получить характеристики, расположенные как угодно близко друг к другу.
4. Неизменная допустимая мощность, снимаемая с вала машины на искусственных характеристиках:

$$M_{доп} = kI_n\Phi < M_n, I = I_{доп} = I_n$$

$$k\Phi = \frac{U_n - I_n R_{я}}{\omega}$$

$$M_{доп} = I_n \frac{U_n - I_n R_{я}}{\omega}$$

$$P_{доп} = M_{доп}\omega = U_n I_n - I_n^2 R_{я} = const$$

5. Простота реализации рассматриваемого способа регулирования и отсутствие дополнительных элементов в силовой цепи, в которых рассеивается энергия, делают способ весьма эффективным с экономической точки зрения: регулирование не сопровождается дополнительными потерями энергии.
6. Капитальные затраты на регулирование также весьма низкие, что связано с малой мощностью цепи возбуждения, которая на 1,5-2 порядка меньше, чем мощность двигателя.



# Регулирование скорости изменением напряжения на якоре

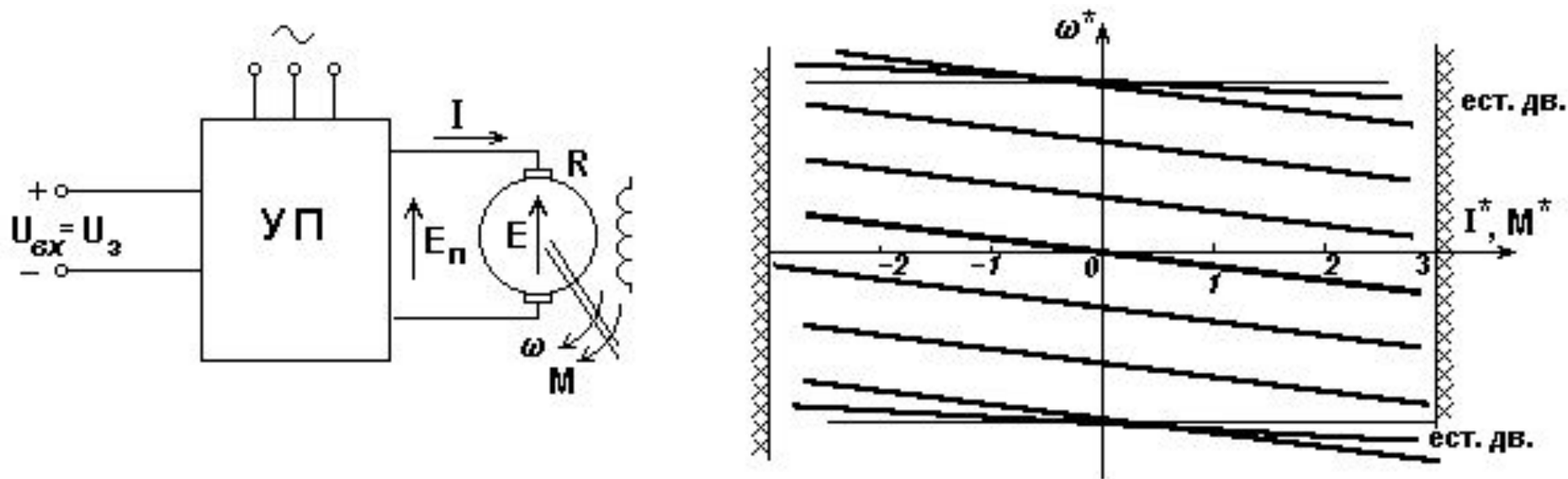


Схема и характеристики при регулировании скорости двигателя постоянного тока изменением напряжения

Уравнения характеристик:

$$\omega = \frac{KU_{вх}}{c} - \frac{I(R_{я} + R_{п})}{c}$$

$$\omega = \frac{KU_{вх}}{c} - \frac{M(R_{я} + R_{п})}{c^2} \quad (20)$$

где  $K = \frac{E_{п}}{U_{вх}}$  – коэффициент передачи УП

## Оценка способа регулирования скорости

1. Регулирование однозонное, вниз от основной скорости.
2. Диапазон регулирования в разомкнутой структуре (8-10):1, стабильность скорости достаточно высокая.
3. Регулирование плавное.
4.  $M_{доп} = M_n$ , так как  $k\Phi = k\Phi_n = c$
5. Способ экономичен в эксплуатации, поскольку не используются дополнительные резисторы, рассеивающие энергию.
6. Капитальные затраты определяются типом используемого УП.