

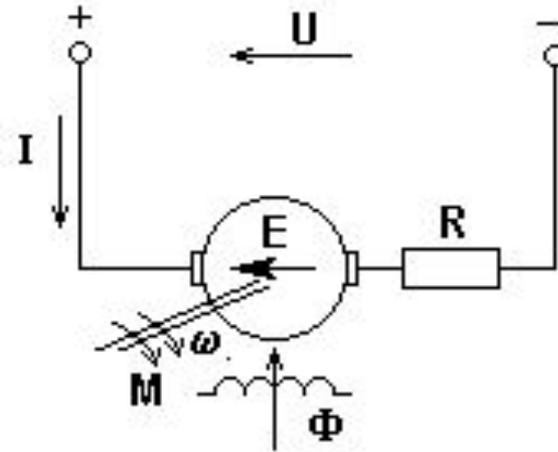


# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

# ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## Основные уравнения

Схема электропривода с двигателем постоянного тока



$M = k\Phi I$  - электромагнитный момент (1),  
где  $k$ - конструктивный параметр машины

$E = k\Phi\omega$  - ЭДС вращения (2)

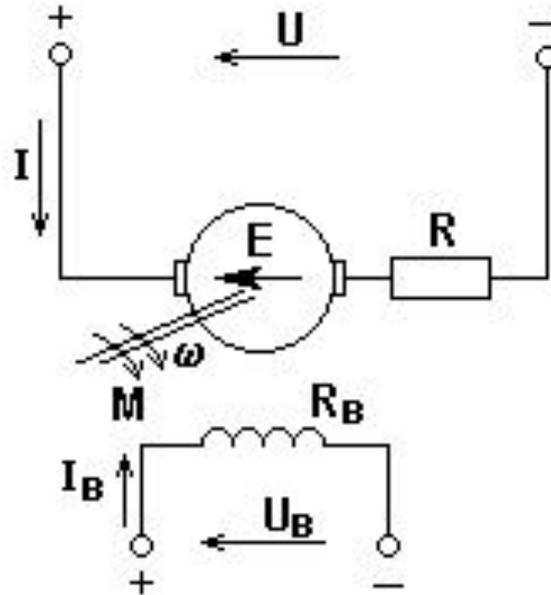
$U - E = IR$  - со вторым законом Кирхгоффа для якорной цепи машины (3)

$$I = \frac{U - E}{R}$$

# Характеристики и режимы при независимом возбуждении, $U=const$

$$\omega = \frac{U - IR}{k\Phi} \quad \text{- электромеханическая характеристика (4)}$$

Схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения

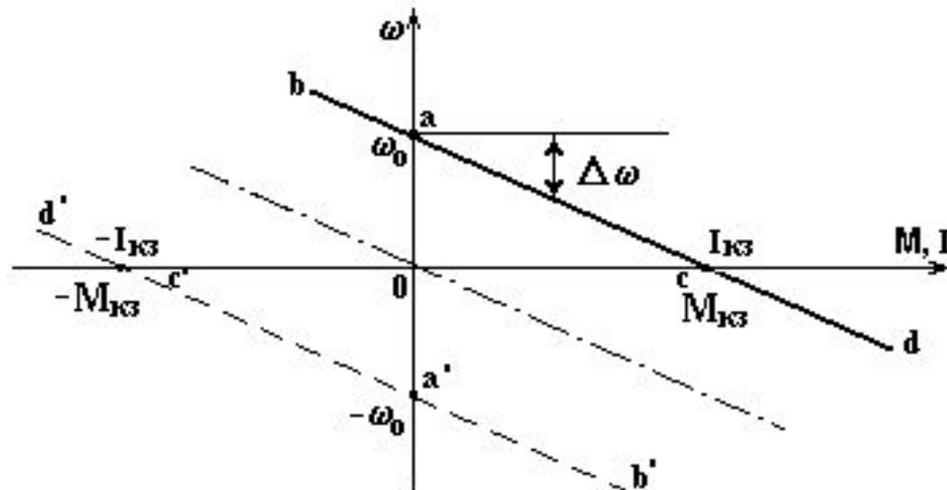


$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{MR}{(k\Phi)^2} \quad \text{- механическая характеристика (5)}$$

Характерные точки:  $M=0$ , и  $\omega = \omega_0$ ,  $I = I_{кз}$ ,  $M = M_{кз}$ ; при  $\Phi = const$

Скорость  $\omega_0 = \frac{U}{k\Phi}$  соответствует режиму идеального холостого хода:  $M=0$ ,  $E = U$  и направлены встречно

Механические (электромеханические) характеристики электропривода постоянного тока независимого возбуждения при  $U = const$



$$\Delta\omega = \frac{MR}{(k\Phi)^2} \quad \text{- перепад скорости под влиянием нагрузки}$$

# Тормозные режимы:

- *Торможение с отдачей энергии в сеть (рекуперативное) или генераторный режим работы параллельно с сетью;*
- *Торможение противозаключением или генераторный режим работы последовательно с сетью*

Первый случай  $I = \frac{U + E}{R}$

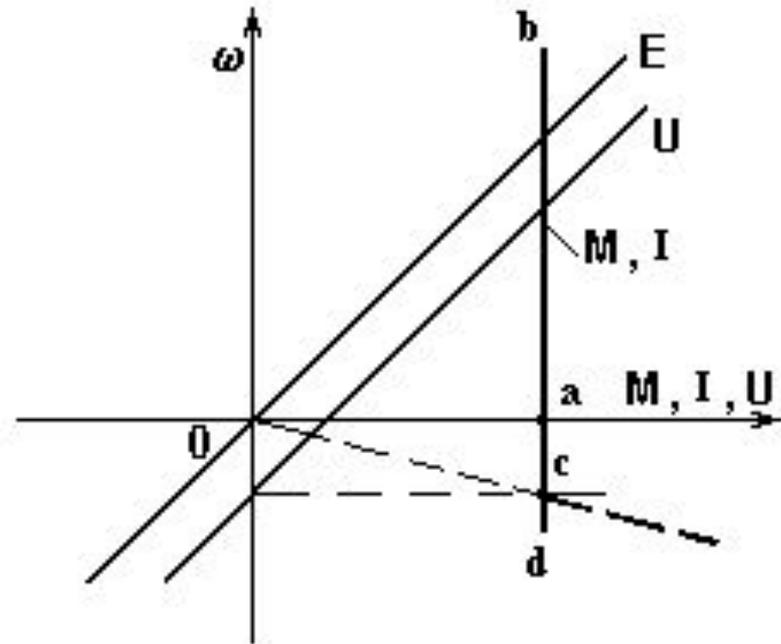
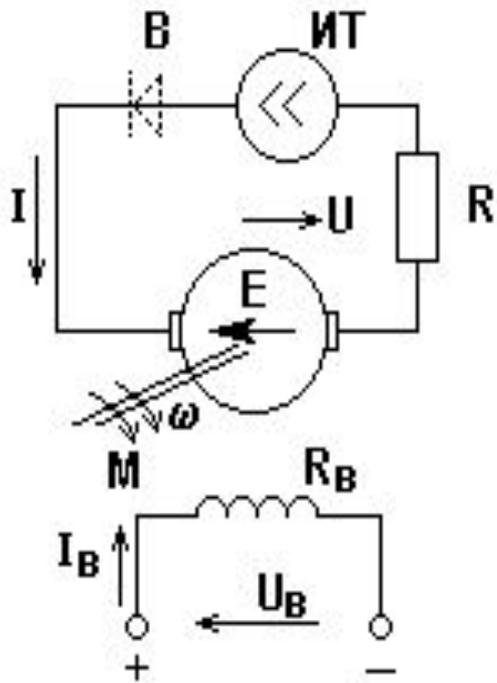
Второй случай  $I = \frac{-U - E}{R}$

- *Динамическое торможение или генераторный режим работы независимо от сети*

$$I = -\frac{E}{R}$$

# Характеристики и режимы при независимом возбуждении, $I = const$

Схема и характеристики электропривода двигателя постоянного тока независимого возбуждения при питании от источника тока



$$I = const$$

$$M = k\Phi I = const$$

$$U = E + IR = k\Phi\omega + IR,$$

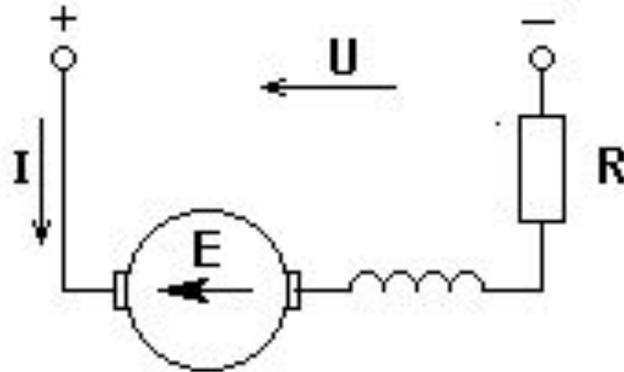
(6)

(7)

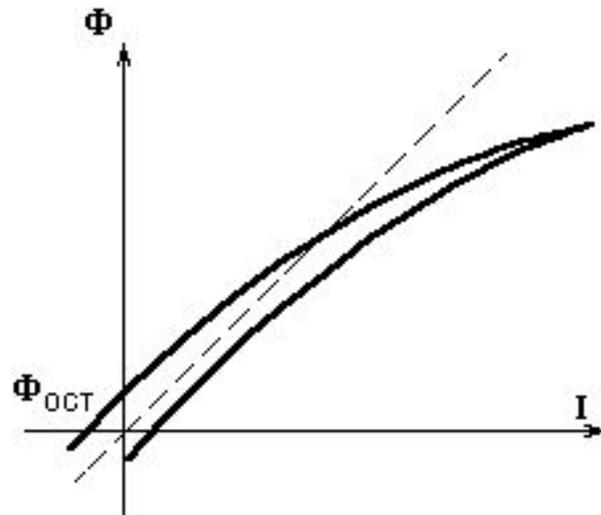
(8)

# Характеристики и режимы при последовательном возбуждении

Схема двигателя постоянного тока последовательного возбуждения



Характеристика намагничивания машины постоянного тока



# Зависимость между скоростью двигателя и развиваемым им моментом в установившемся режиме

Поток возбуждения и ток в якоре двигателя связаны между собой линейной зависимостью

$$\Phi = \alpha I$$

Тогда

$$\omega = \frac{U}{k\alpha I} - \frac{R}{k\alpha} \quad (9)$$

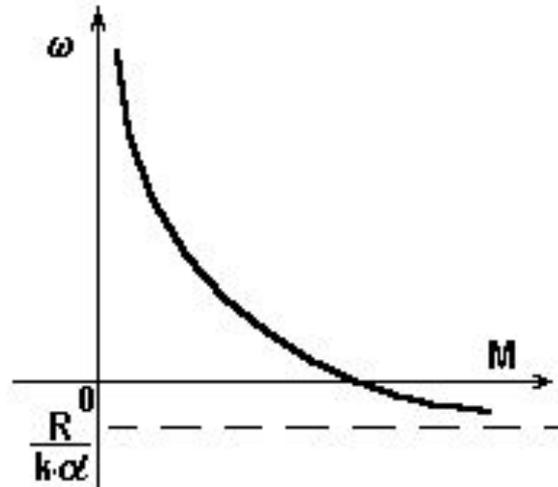
а поскольку

$$M = k\Phi I = k\alpha I^2, \quad (10)$$

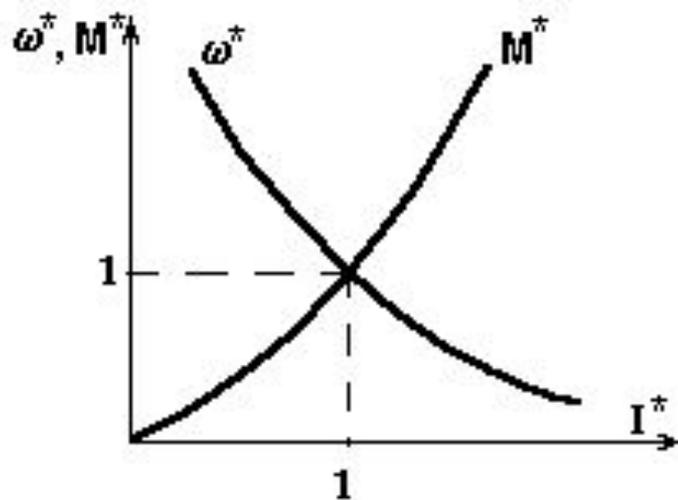
то

$$\omega = \frac{U}{\sqrt{k\alpha M}} - \frac{R}{k\alpha} \quad (11)$$

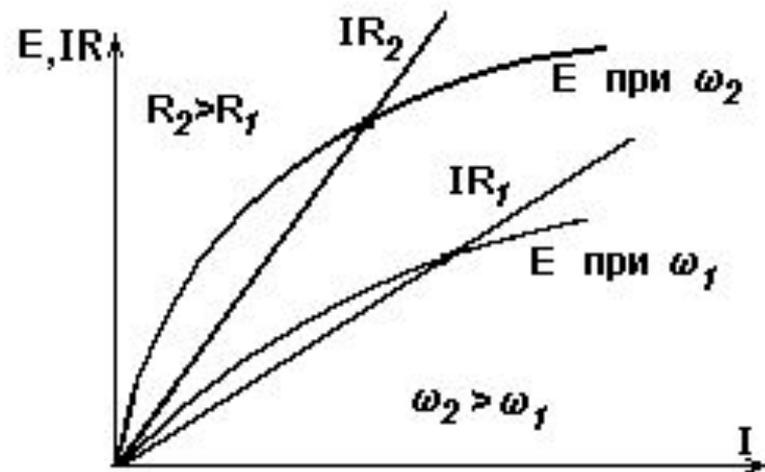
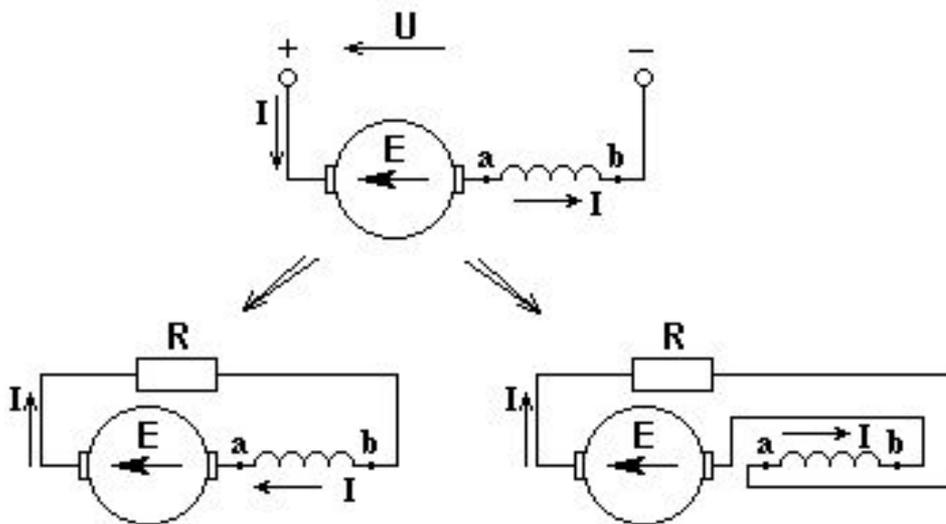
Механическая характеристика двигателя последовательного возбуждения



# Характеристики двигателя последовательного возбуждения в относительных величинах



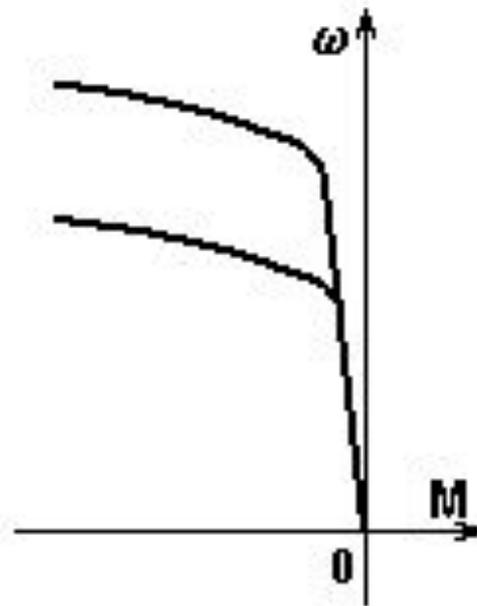
## Схема и характеристики при динамическом торможении с самовозбуждением



Мощность, развиваемая двигателем в режиме динамического торможения, целиком рассеивается в сопротивлениях якорного контура, то есть  $(-I)^2 R = -M\omega$ , откуда

$$\omega = -\frac{I^2 R}{M} \quad (12)$$

Характеристики в тормозном режиме при самовозбуждении



## Номинальный режим. Допустимые значения координат

Номинальные данные: номинальное напряжение  $U_n$ , В; ток  $I_n$ , А; мощность на валу  $P_n$ , кВт; частота вращения  $n_n$ , об/мин ( $\omega_n = \frac{\pi n_n}{30}$ , 1/с); КПД  $\eta_n$ ; напряжение возбуждения  $U_{вн}$ , В; ток возбуждения  $I_{вн}$  (для двигателей независимого возбуждения), момент инерции  $J_n$ , кг·м<sup>2</sup>, исполнение двигателя  $IP$ .

$$\omega_0 = \frac{U_n}{k\Phi_n} \quad \text{и} \quad M_n = k\Phi_n I_n$$

$$k\Phi_n = \frac{U_n - I_n R_{я}}{\omega_n} \quad (13)$$

Половина номинальных потерь  $\Delta P_n$  – это потери в меди обмотки:  $0,5 \Delta P_n \approx I_n^2 R_{я}$ , откуда

$$R_{я} \approx \frac{0,5 \Delta P_n}{I_n^2} = 0,5 \frac{U_n}{I_n} (1 - \eta_u) \quad (14)$$

Номинальный электромагнитный момент  $M_n = k\Phi_n I_n$

Номинальный момент на валу  $M_{н.вал} = \frac{P_n}{\omega_n}$

Приняв за базовые величины  $U_H, I_H, \omega_H$ ,  $k\Phi_H = \frac{U_H}{\omega_0}$  и  $R_H = \frac{U_H}{I_H}$ , получим после простых преобразований:

$$\omega^* = \frac{U^* - I^* R^*}{\Phi^*}$$

$$\omega^* = \frac{U^*}{\Phi^*} - \frac{M^* R^*}{(\Phi^*)^2}$$

все относительные величины определены как

$$X^* = \frac{X}{X_б}$$

Тогда, приняв  $U^* \equiv \Phi^* = 1$ , получим:

$$\omega^* = 1 - I^* R^*$$

или при  $I^* = 1$  (при номинальном токе)

$$\omega^* = 1 - R^*. \quad (15)$$