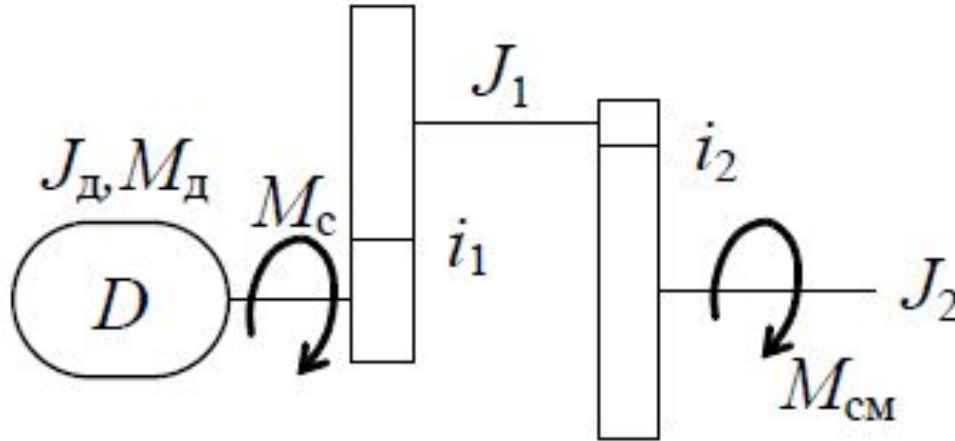


# Двигатели постоянного тока в системах электропривода



Для двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением:

- рассчитать основные параметры двигателя;
- привести моменты к валу двигателя;
- определить необходимое сопротивление пускового реостата;
- рассчитать и построить кривые изменения тока и частоты вращения при пуске в функции времени (кривые разгона).
- определить сопротивление регулировочного реостата;
- определить необходимое сопротивление тормозного реостата.

# 1. Расчет основных параметров двигателя

М о щ н о с т ь, потребляемая двигателем из сети при работе в номинальном режиме, кВт,

$$P_1 = \frac{P_H}{\eta_H}. \quad (2)$$

Номинальный ток двигателя, А,

$$I_H = \frac{P_1 \cdot 10^3}{U_H}. \quad (3)$$

Ток возбуждения в номинальном режиме, А,

$$i_{в.н} = \frac{U_{н.в}}{r_B}, \quad (4)$$

Номинальный ток якоря для параллельного возбуждения, А,

$$I_{ан} = I_H - i_{в.н}, \quad (5)$$

$$r_a = \frac{0,5(1-\eta_H)P_1 \cdot 10^3}{I_{aH}^2}. \quad (6)$$

Ч а с т о т а в р а щ е н и я п р и и д е а л ь н о м х о л о с т о м х о д е, об/мин,

$$n_0 = \frac{U_H n_H}{U_H - I_{aH} r_a}, \quad (7)$$

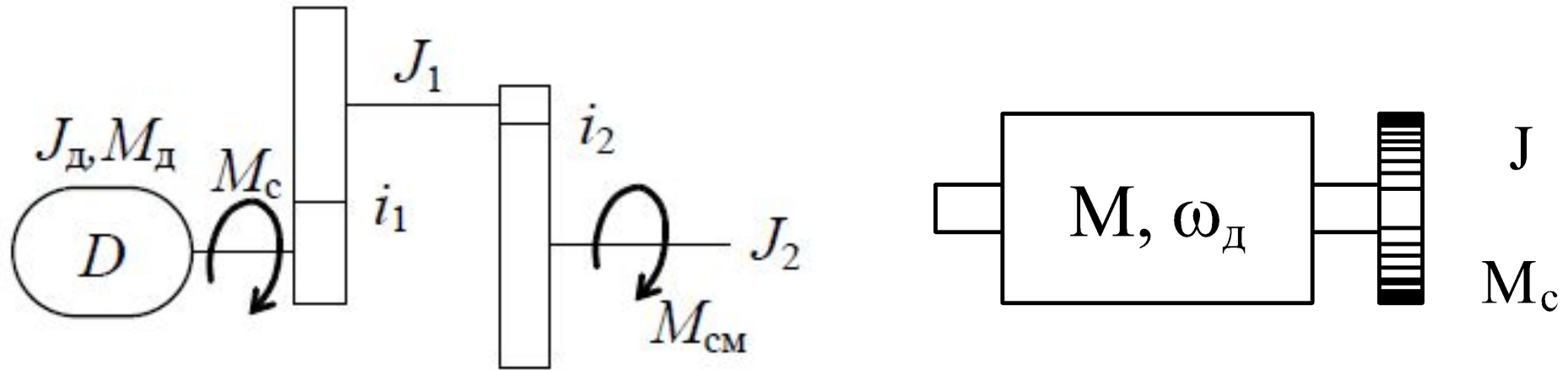
Н о м и н а л ь н ы й м о м е н т н а в а л у д в и г а т е л я, Н·м,

$$M_H = 9,55 \frac{P_H \cdot 10^3}{n_H}. \quad (9)$$

Н о м и н а л ь н о е с о п р о т и в л е н и е ц е п и я к о р я, Ом,

$$R_H = \frac{U_H}{I_{aH}}. \quad (10)$$

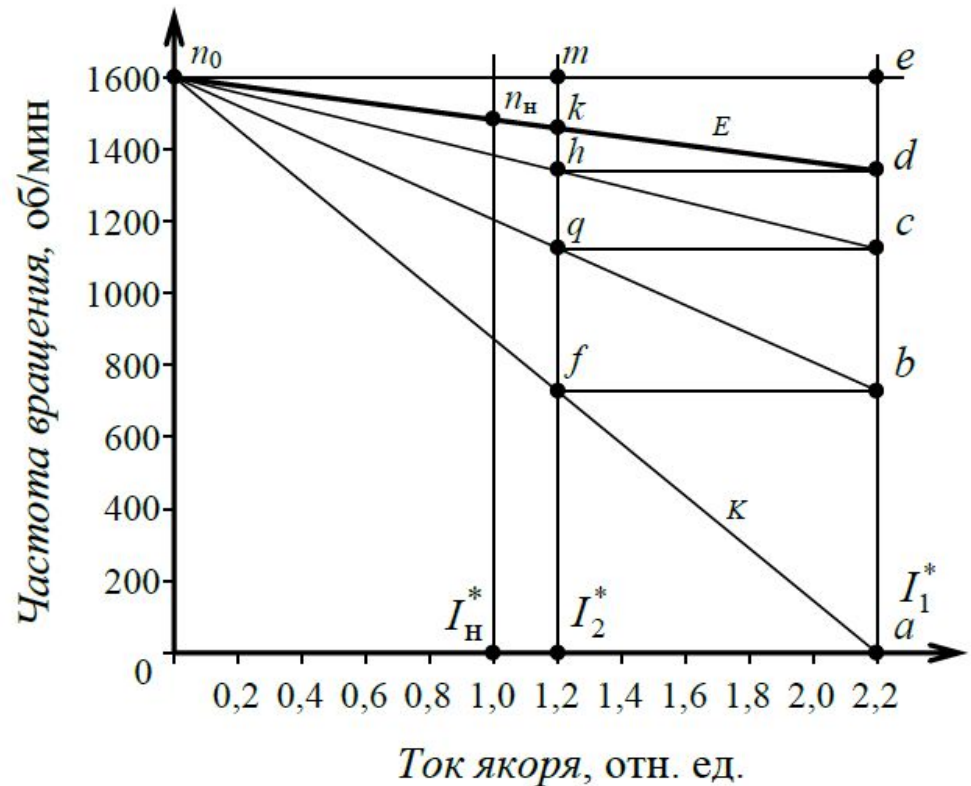
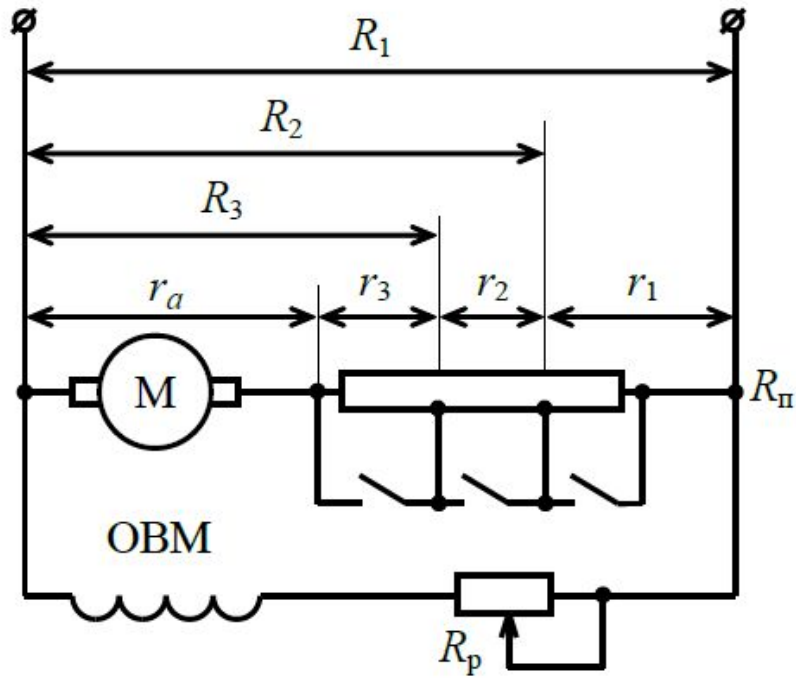
## 2. Приведение моментов к валу двигателя



$$M_c = \frac{M_{cm} \cdot 10^3}{i_1 i_2 \eta_1 \eta_2}, \quad (16)$$

$$J = J_d + \frac{J_1}{i_1^2} + \frac{J_2}{i_1^2 i_2^2}, \quad (17)$$

### 3. Расчет резисторов пускового реостата



## Способ 1

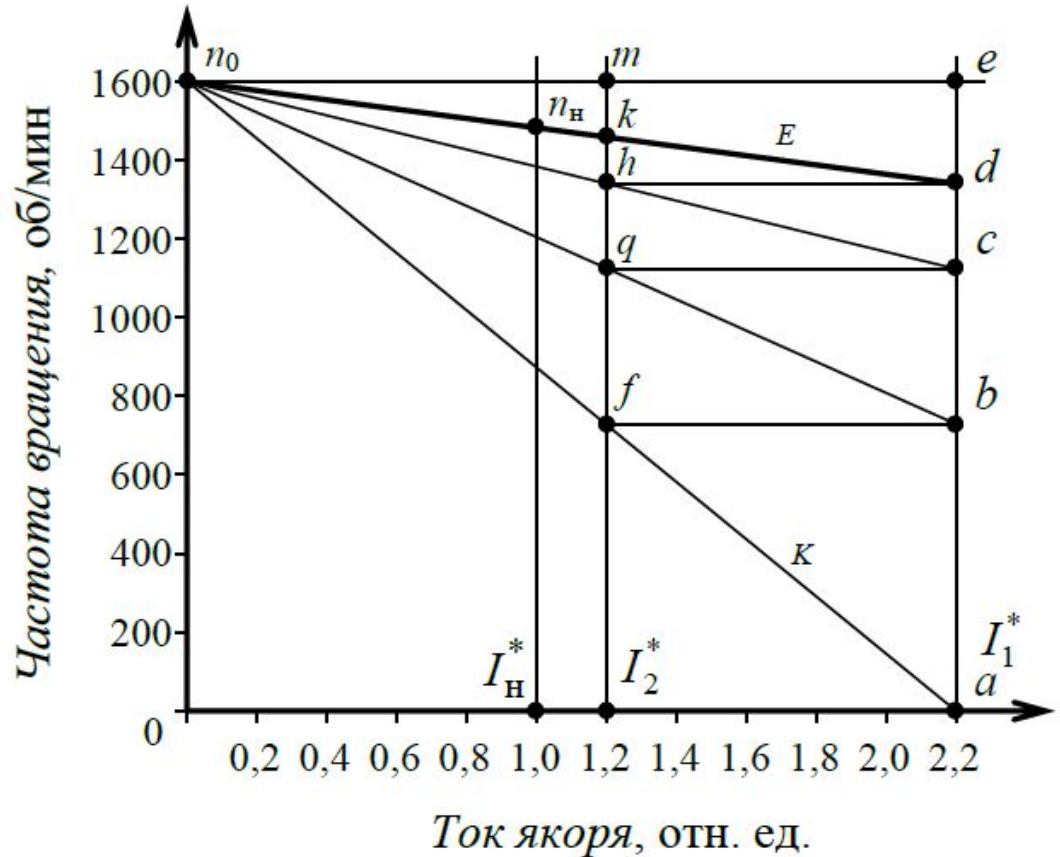
$$I_2 = I_{\min} = (1,15 - 1,25)I_{\text{ан}}.$$

$$I_1 = I_2^{z+1} \sqrt{\frac{U_{\text{н}}}{r_a I_2}}.$$

## Способ 2

$$I_1 = I_{\max} = (2 - 2,5)I_{\text{ан}};$$

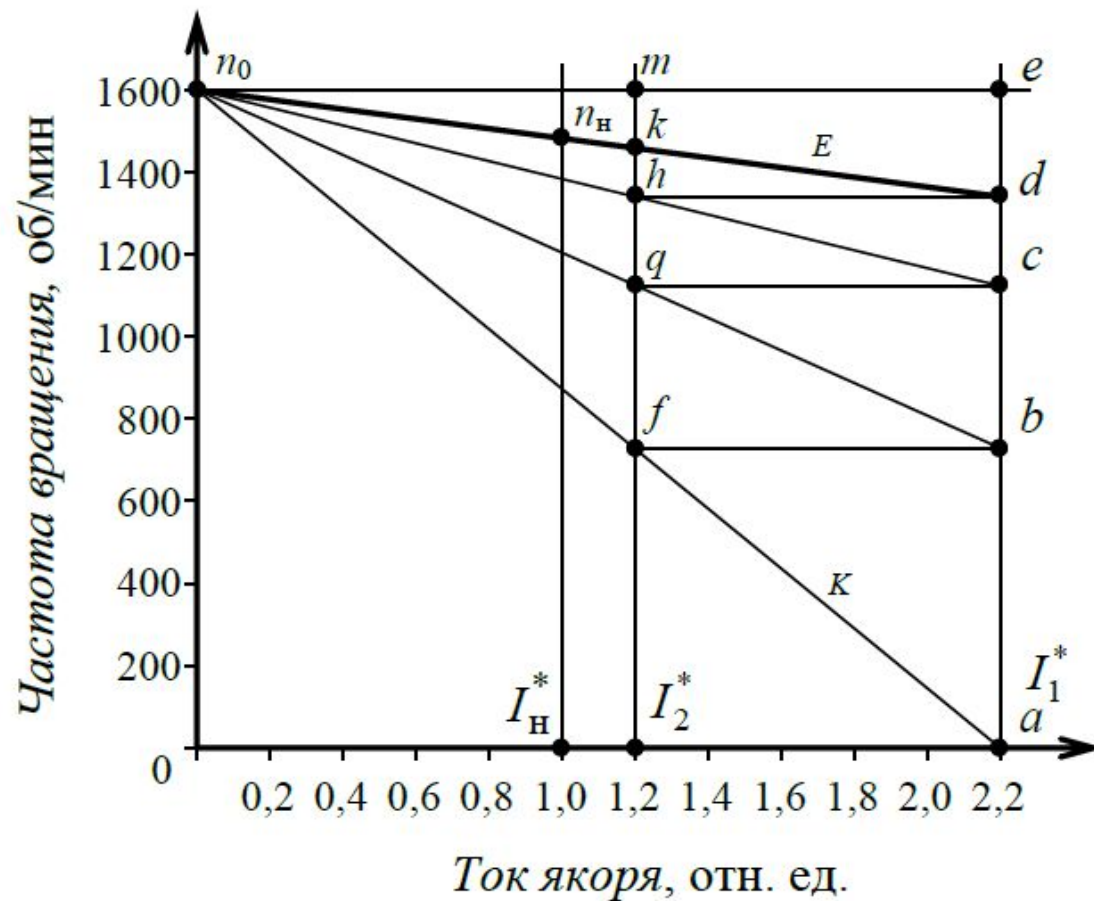
$$I_2 = I_1^{z+1} \sqrt{\frac{r_a I_1}{U_{\text{н}}}}.$$



$$r_1 = r_a \frac{fq}{km} = r_a \frac{ab}{de}; \quad (22)$$

$$r_2 = r_a \frac{qh}{km} = r_a \frac{bc}{de}; \quad (23)$$

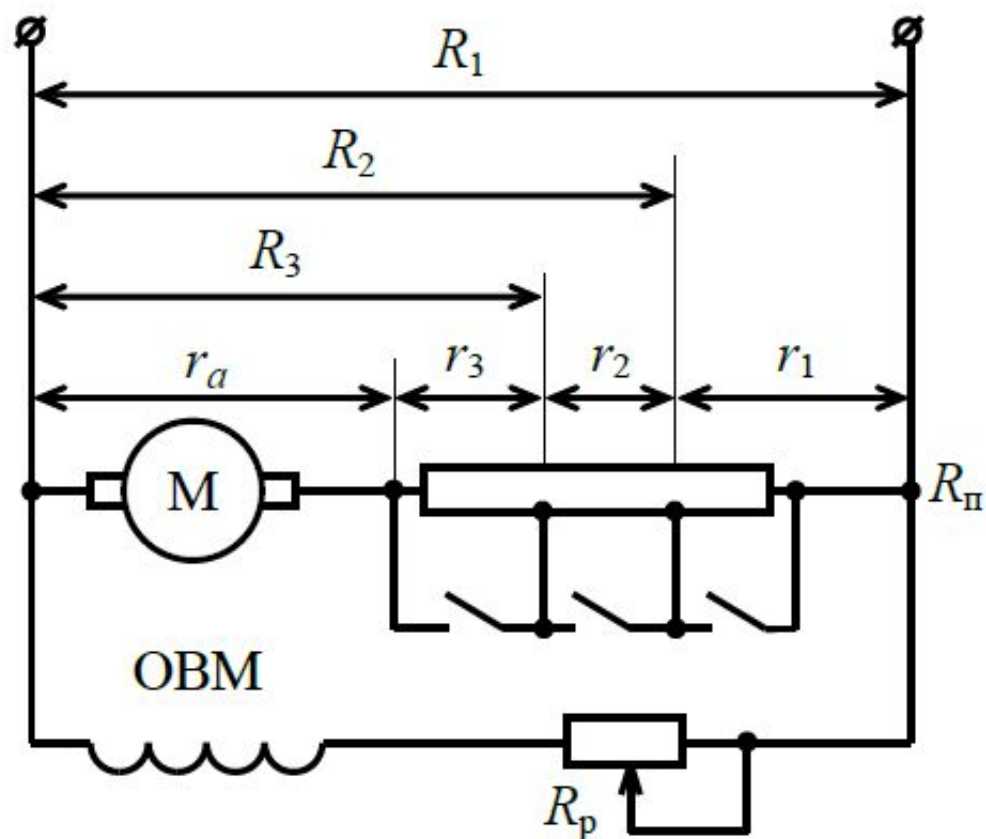
$$r_3 = r_a \frac{hk}{km} = r_a \frac{cd}{de}. \quad (24)$$



$$R_1 = r_a + r_1 + r_2 + r_3; \quad (25)$$

$$R_2 = r_a + r_2 + r_3 = R_1 - r_1; \quad (26)$$

$$R_3 = r_a + r_3 = R_2 - r_2 = R_1 - r_1 - r_2. \quad (27)$$





## 4. Расчет переходных процессов при пуске двигателя

1) Ток нагрузки  $I_c = I_{aH} \left( \frac{M_c}{M_H} \right),$  (37)

2) Электромеханическая постоянная времени

$$T_M = \frac{J\omega_0 I_{aH} (r_a + R_d)}{M_H U_H}, \quad (34)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60} \quad (r_a + R_d) \rightarrow \begin{array}{|l} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ r_a \end{array} \rightarrow \begin{array}{|l} T_{M1} \\ T_{M2} \\ T_{M3} \\ T_{M4} \end{array}$$

3) Время разбега на каждой ступени пускового реостата

$$t_x = T_{Mx} \ln \frac{I_1 - I_c}{I_2 - I_c}. \quad (36)$$

4) Установившаяся частота вращения  
на каждой ступени пускового реостата

$$n_y = n_H \frac{U_H - \left( \frac{M_c}{M_H} \right) I_{aH} (r_a + R_d)}{U_H - I_{aH} r_a}. \quad (39)$$

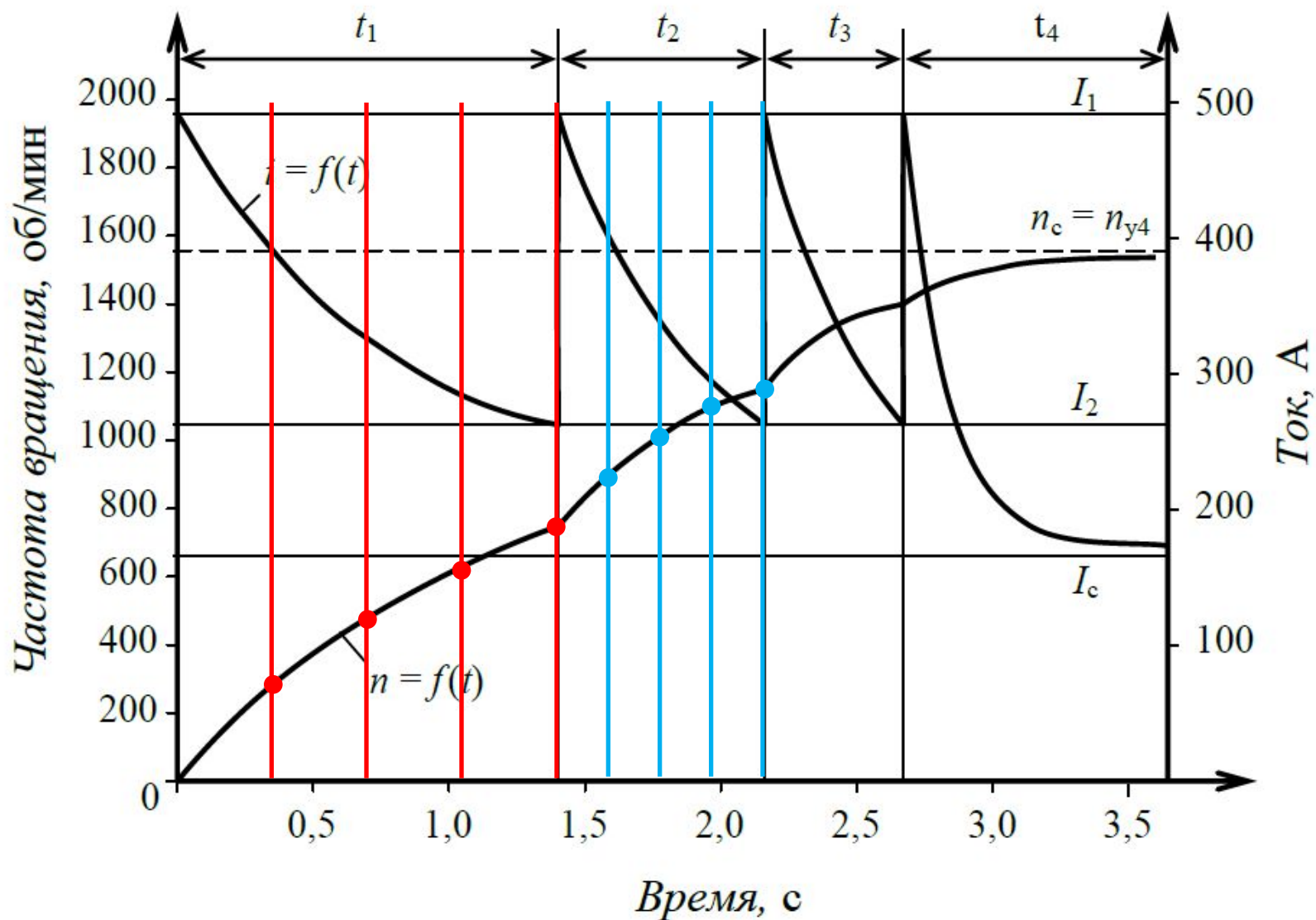
$$(r_a + R_d) \rightarrow \begin{array}{|c} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ r_a \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c} n_{y1} \\ n_{y2} \\ n_{y3} \\ n_{y4} \end{array}$$

$$5) \quad n = n_y + (n_{\text{нач}} - n_y) e^{-\frac{t}{T_M}}, \quad (38)$$

$$6) \quad i = I_c + (I_{\text{нач}} - I_c) e^{-\frac{t}{T_M}}, \quad (33)$$

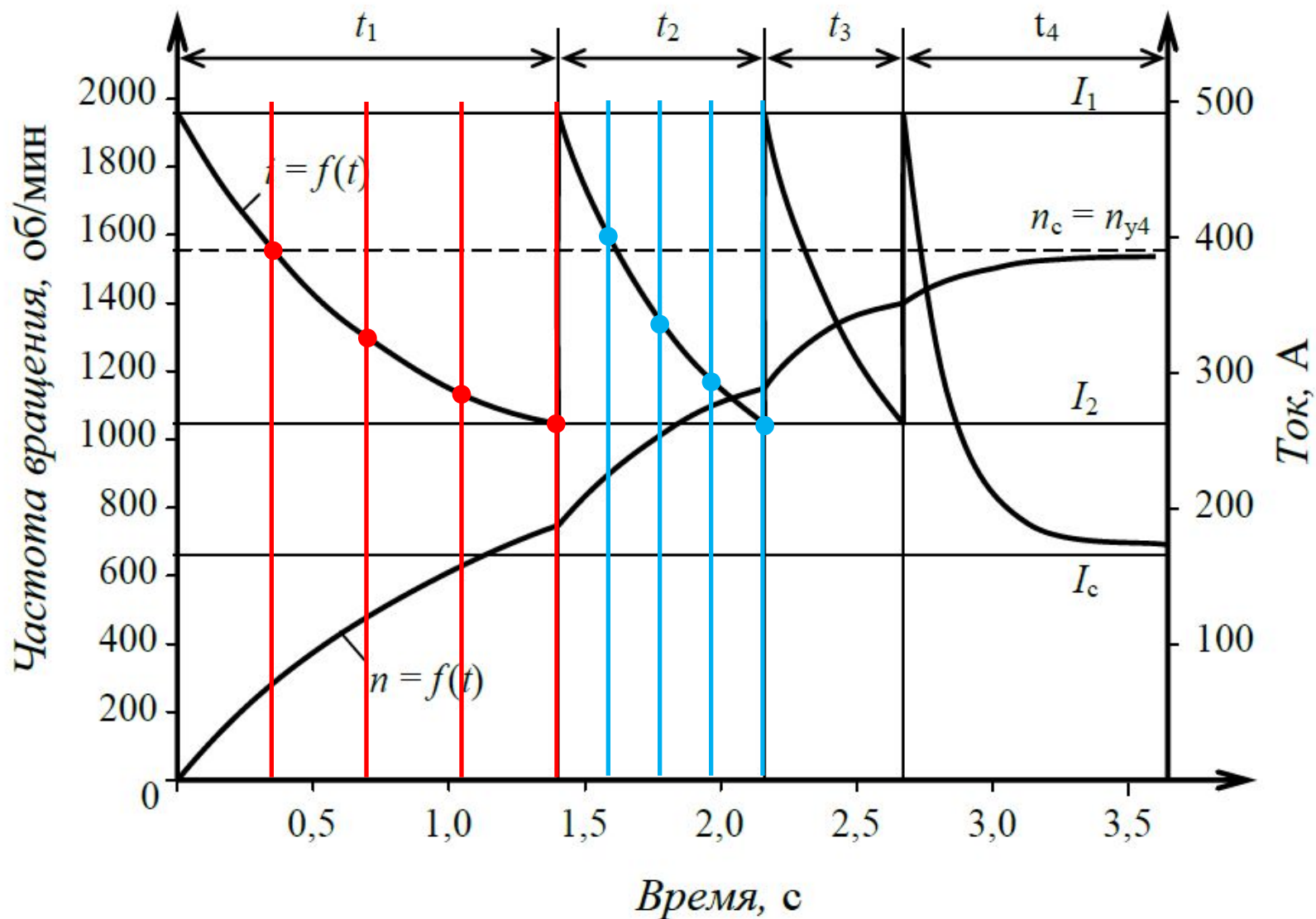
5)

$$n = n_y + (n_{\text{нач}} - n_y) e^{-\frac{t}{T_M x}}, \quad (38)$$

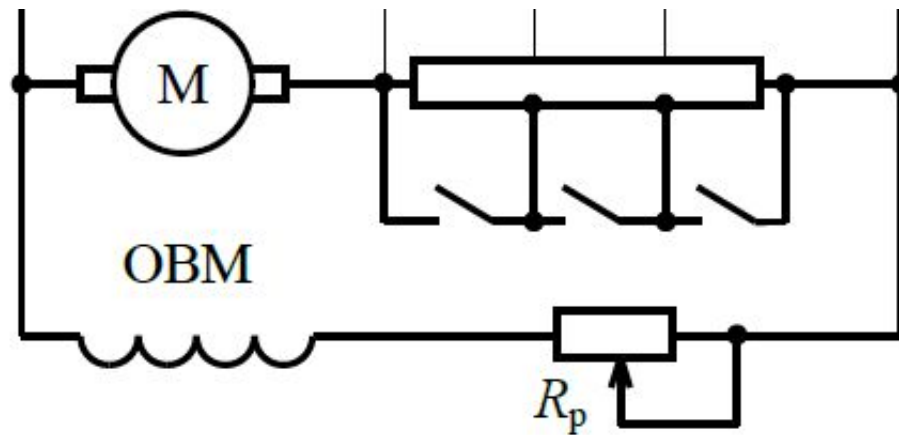


б)

$$i = I_c + (I_{\text{нач}} - I_c)e^{-\frac{t}{T_m}}, \quad (33)$$



## 5. Расчет резисторов реостата возбуждения



1) Линейный закон изменения частоты вращения

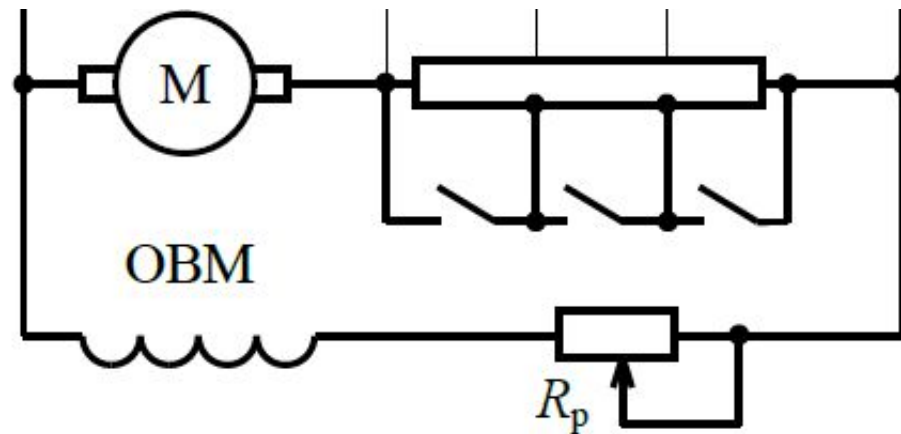
$$n_k = n_H + k\Delta n, \quad (45)$$

где  $k$  – порядковый номер ступени регулирования, изменяется от нуля до  $m$ ;

$\Delta n$  – приращение частоты вращения,  $\Delta n = \frac{n_{\max} - n_H}{m}$ ;

$m$  – общее число ступеней регулирования.

## 5. Расчет резисторов реостата возбуждения



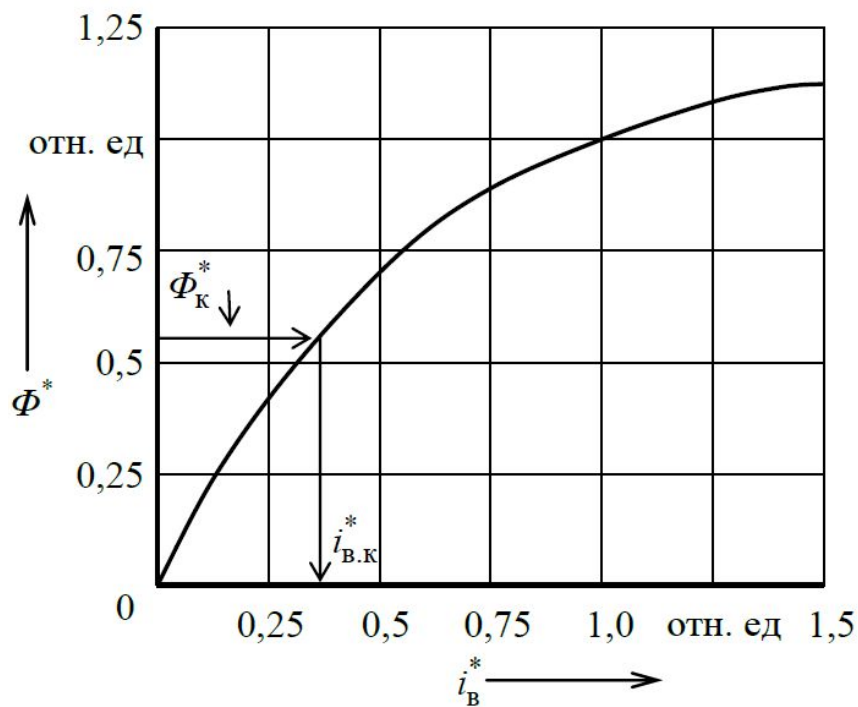
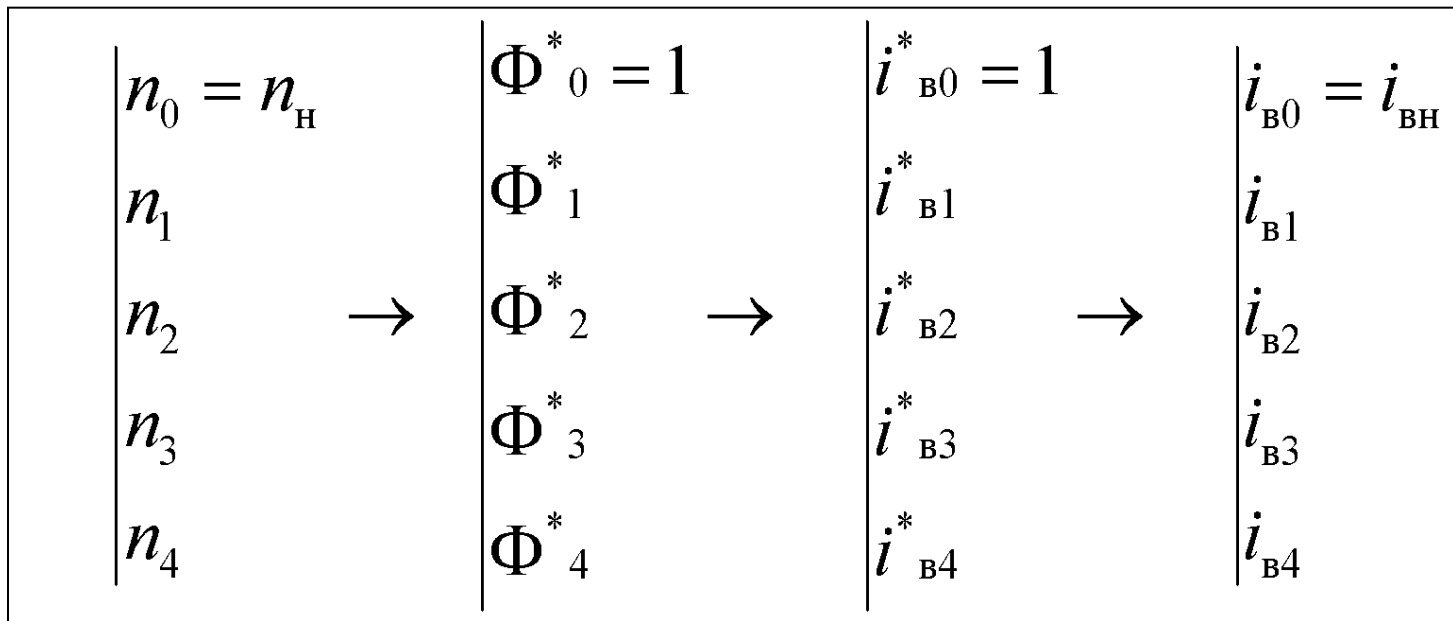
2) Закон геометрической прогрессии изменения частоты вращения

$$n_K = n_H q^K, \quad (46)$$

где  $q$  – знаменатель прогрессии,  $q = \sqrt[m]{\frac{n_{\max}}{n_H}}$ .

$$\Phi^* = \frac{n_H}{n_K}$$

$$i_{BK} = i_{BK}^* \cdot i_{BH}$$



$$\left| \begin{array}{l} i_{B0} = i_{BH} \\ i_{B1} \\ i_{B2} \\ i_{B3} \\ i_{B4} \end{array} \right.$$

$$R_{B,K} = \frac{U_{H,B}}{i_{B,K}}$$

$$r_{B,K} = R_{B,K} - R_{B,K-1}$$

## 6. Расчет режима динамического торможения

1) Ток торможения  $I_T = I_{aH} \cdot (1 + 0,1 \cdot C)$

2) Начальная скорость торможения  $n_T = n_c = n_{y4}$

3) Время торможения до полной остановки

$$t_T = T_{MT} \ln \frac{n_T + \Delta n_c}{\Delta n_c} = T_{MT} \ln \frac{I_T + I_c}{I_c};$$

$$T_{MT} = \frac{J \omega_0 I_{aH} (r_a + r_T)}{M_H U_H},$$

