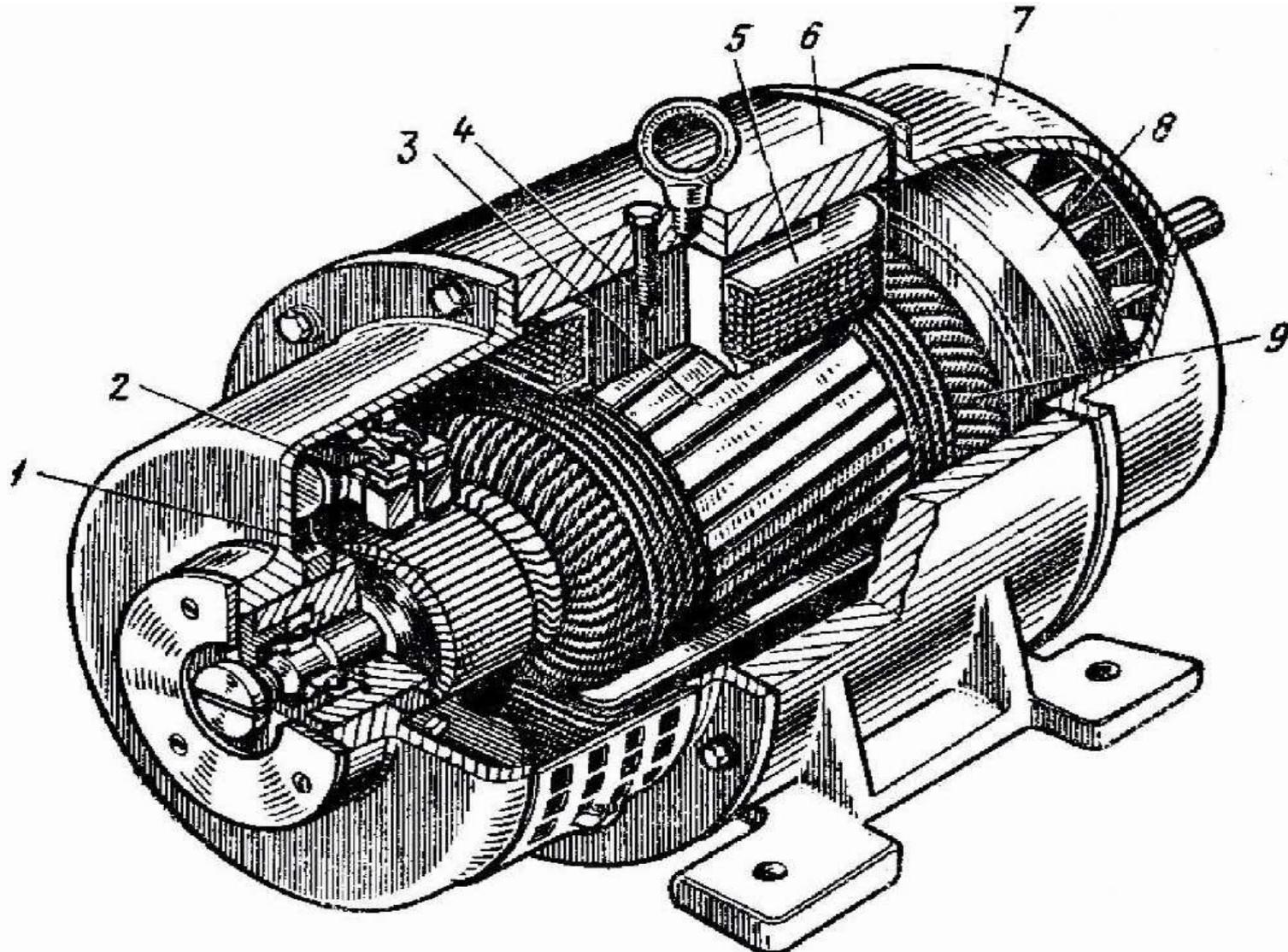


Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением

1. Устройство, принцип работы двигателя постоянного тока ДПТ

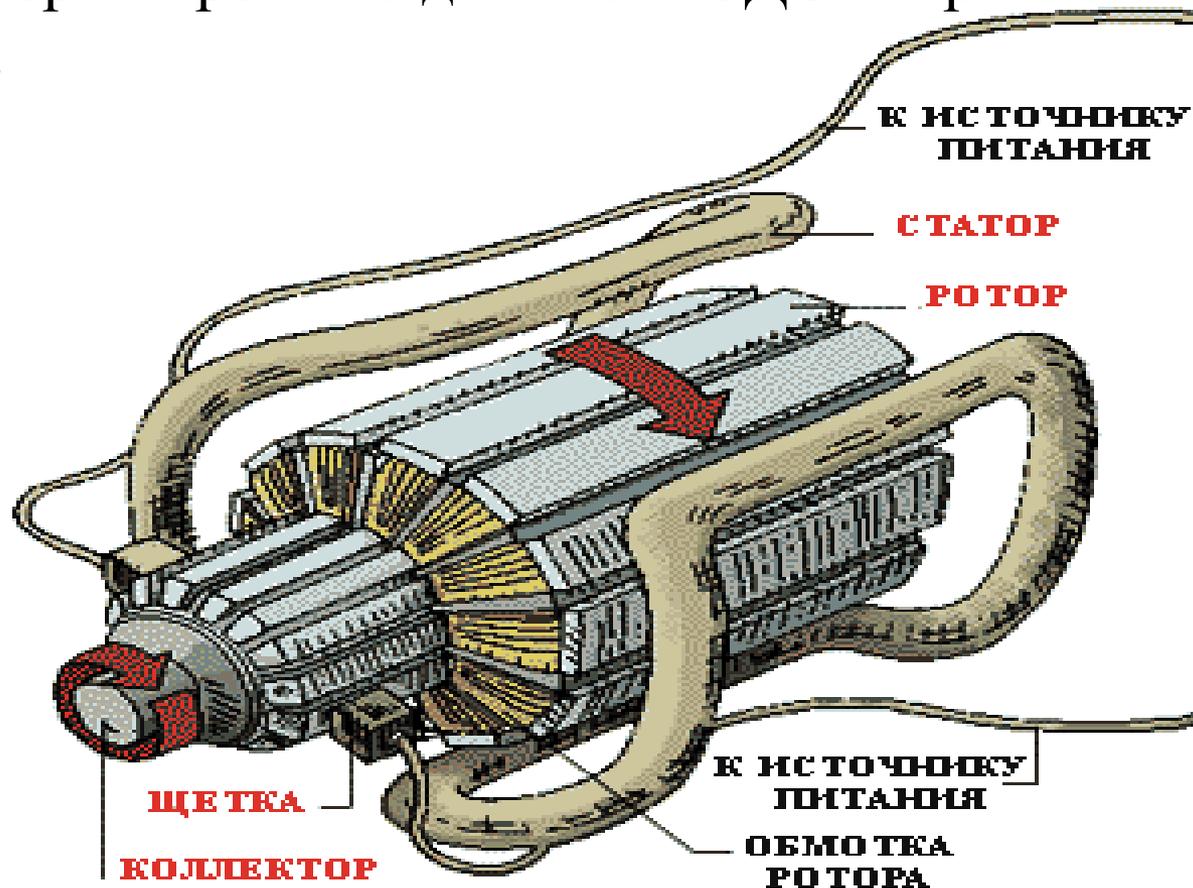


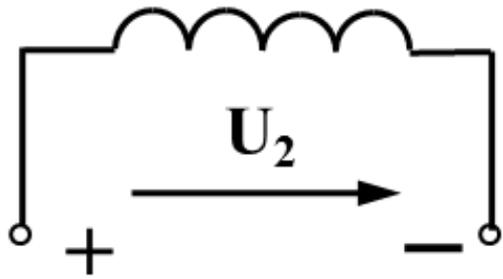
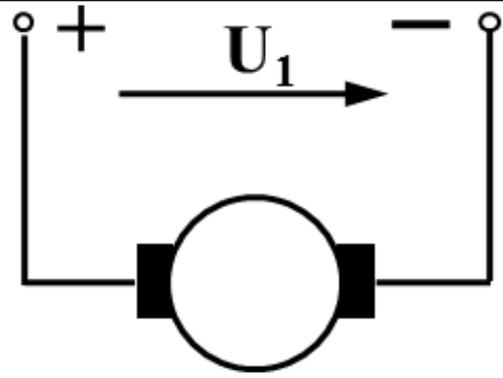
$$M = c\Phi I_{\text{я}}$$

c - конструктивный коэффициент, зависящий от конструктивных параметров машины.

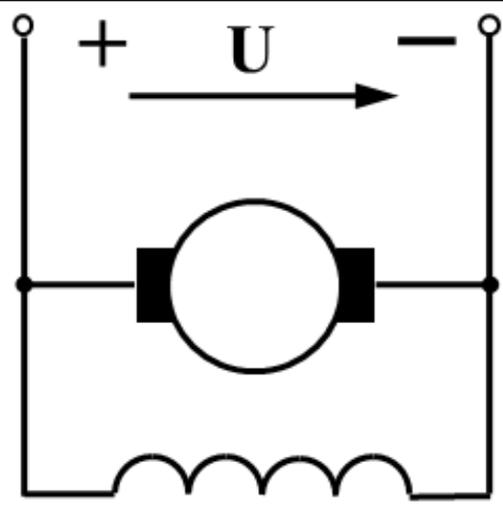
$$E = c\Phi\omega$$

ω - угловая скорость якоря. В режиме двигателя ЭДС направлена навстречу к току якоря.

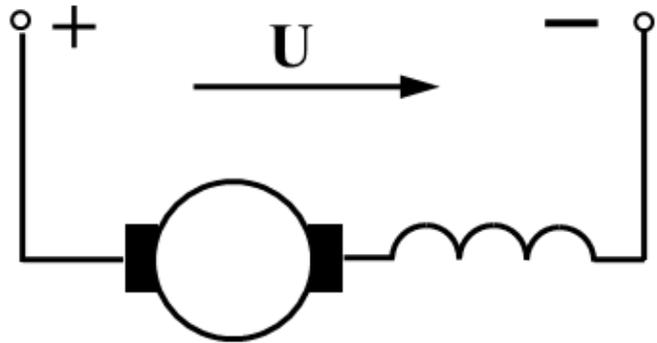




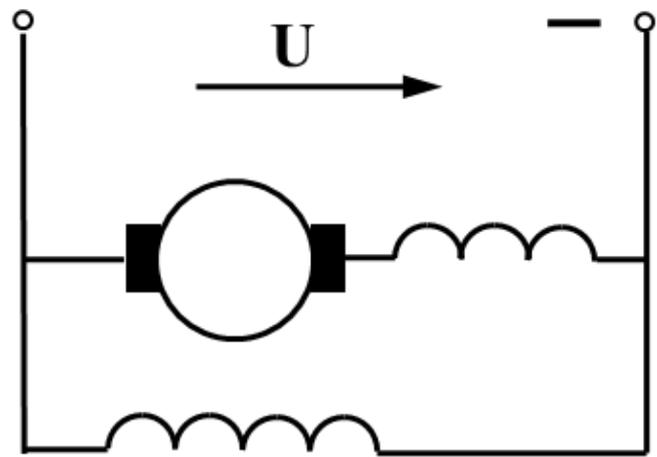
a)



б)

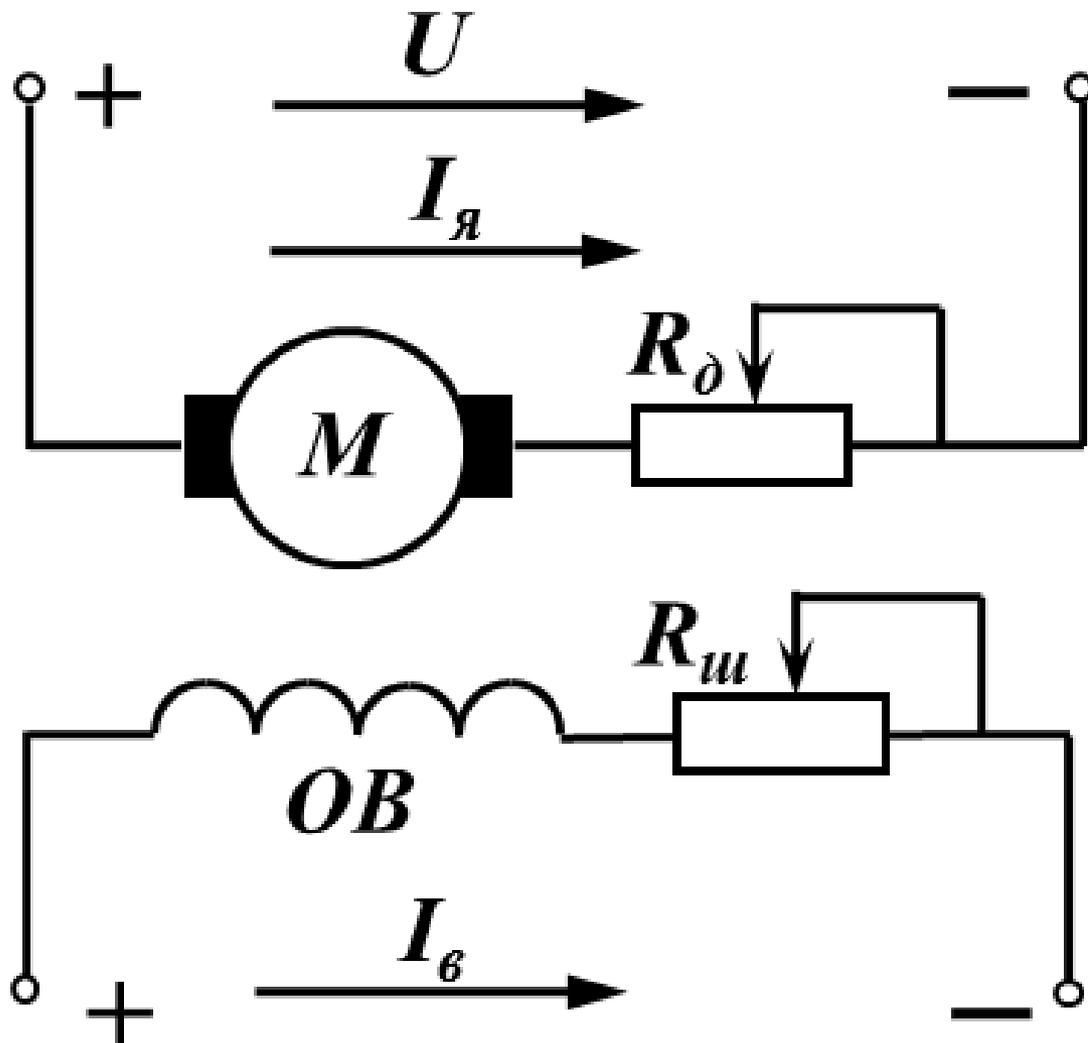


B)



Г)

2. Выводы уравнения скоростных и механических характеристик ДПТ НВ (ПВ – параллельным возбуждением)



$$U = E + I_{\text{я}} (r_{\text{я}} + R_{\delta})$$

$$E = c\Phi\omega \quad M = c\Phi I_{\text{я}}$$

где U — напряжение, подведенное к якорной цепи двигателя, B ;
 $I_{\text{я}}$ — ток, протекающий по обмотке якоря, A ;
 E — электродвижущая сила (ЭДС), наводимая в обмотке якоря, B ;
 M — электромагнитный момент двигателя, Hm ;
 $r_{\text{я}}$ — сопротивление обмотки якоря, Om ;
 R_{δ} — добавочное сопротивление в цепи обмотки якоря, Om ;
 c — конструктивная постоянная обмотки якоря;
 Φ — магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения, Wc ;
 ω —угловая скорость двигателя, c^{-1} .

$$I=f(\omega)$$

$$I_{\text{я}} = \frac{U}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} - \frac{c\Phi}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} \omega$$

$$\omega=f(I)$$

$$\omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}}{c\Phi} I$$

$$M=f(\omega)$$

$$M = \frac{Uc\Phi}{r_{я} + R_{\delta}} - \frac{(c\Phi)^2}{r_{я} + R_{\delta}} \omega$$

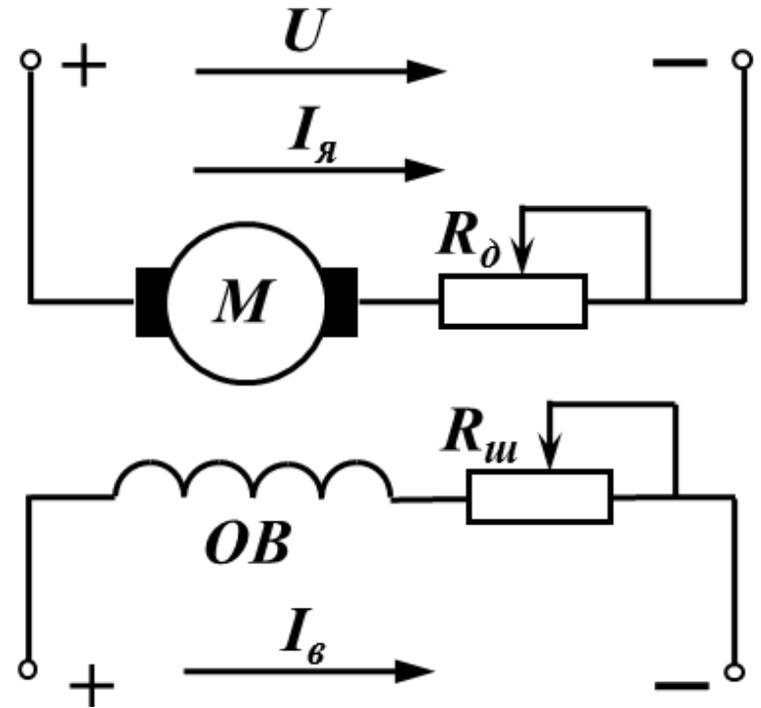
$$\omega =f(M)$$

$$\omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{r_{я} + R_{\delta}}{(c\Phi)^2} M$$

3. Искусственные скоростные и механические характеристики ДПТ НВ

$$I_{я} = \frac{U}{r_{я} + R_{\delta}} - \frac{c\Phi}{r_{я} + R_{\delta}} \omega$$

$$M = \frac{Uc\Phi}{r_{я} + R_{\delta}} - \frac{(c\Phi)^2}{r_{я} + R_{\delta}} \omega$$



1. $I = 0$
 $M = 0$ $\omega = \omega_0$

2. $I = \text{const}$
 $M = \text{const}$ $\omega = ?$

***Искусственные характеристики при введении
добавочных сопротивлений в цепь якоря***

$$\omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}}{(c\Phi)^2} M$$

$$\omega_0 = \frac{U}{c\Phi} \quad \Delta\omega = \frac{(r_{\text{я}} + R_{\text{д}}) I}{c\Phi}$$

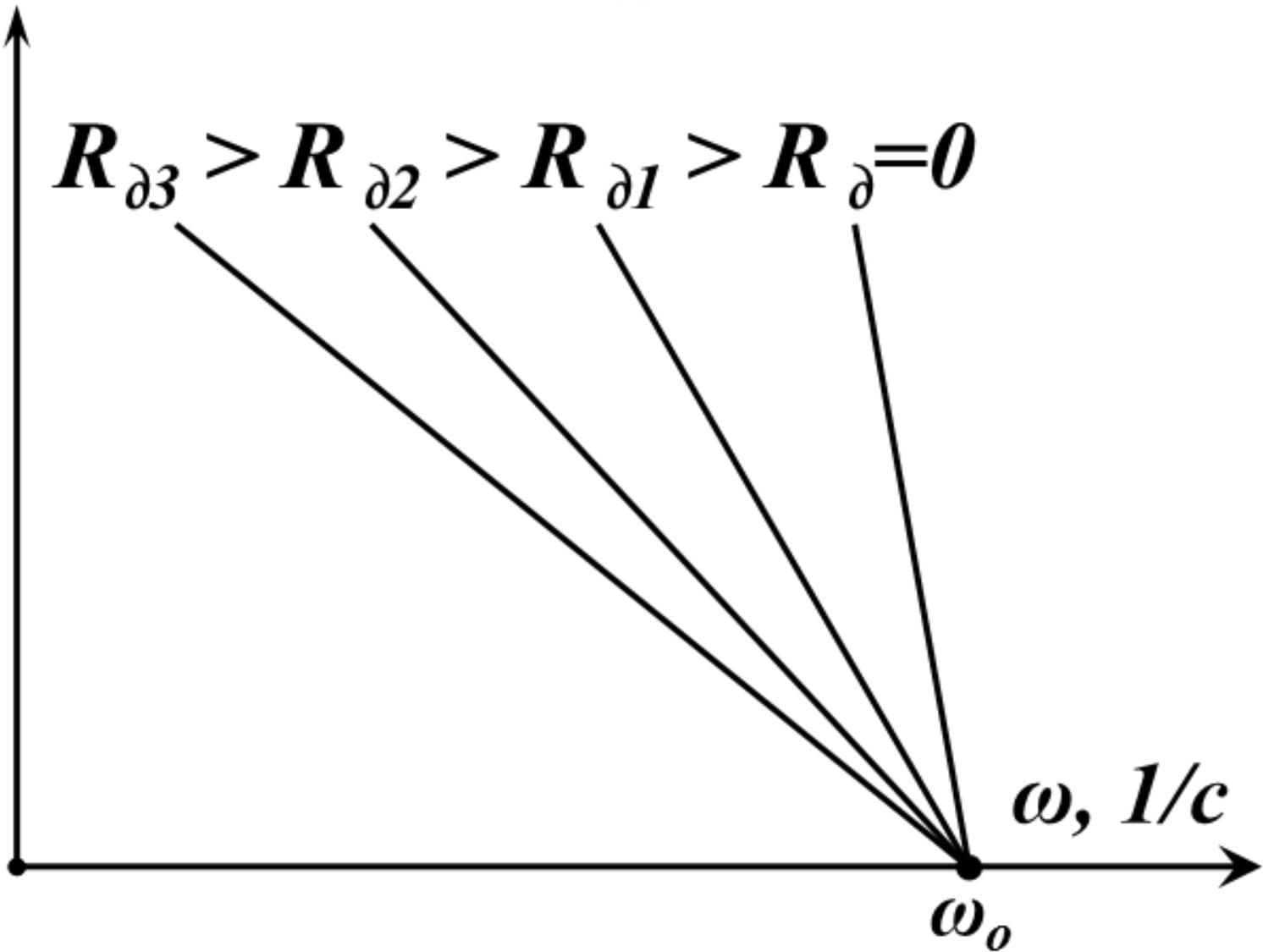
$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega$$

$R = var$

M, H_M

I, A

$R_{\partial 3} > R_{\partial 2} > R_{\partial 1} > R_{\partial} = 0$



**Искусственные характеристики при изменении
напряжения на якоре**

$$\omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{r_{\text{я}} + R_{\delta}}{(c\Phi)^2} M$$

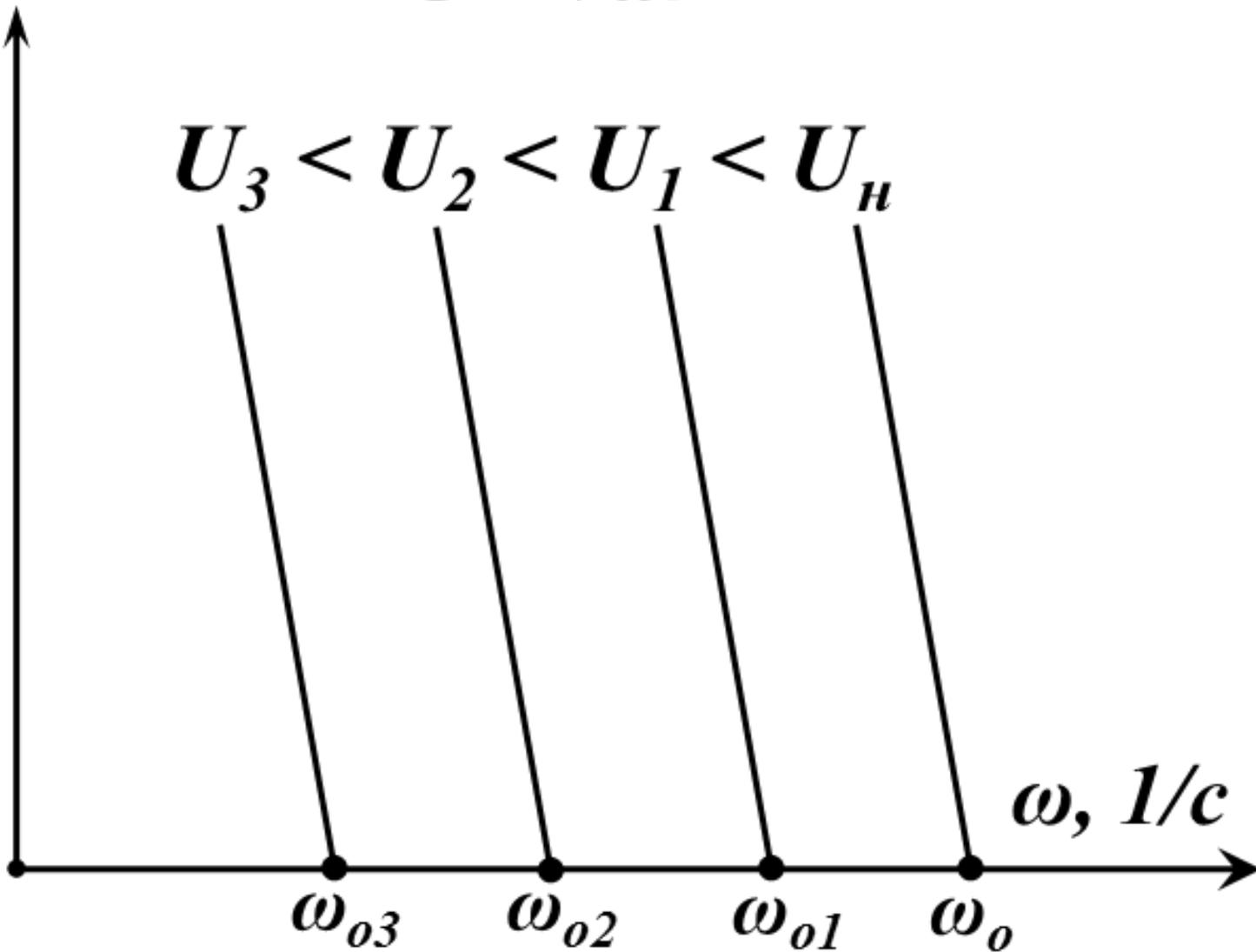
$$\omega_0 = \frac{U}{c\Phi} \quad \Delta\omega = \frac{(r_{\text{я}} + R_{\delta}) I}{c\Phi}$$

$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega$$

M, H_M
I, A

U = var

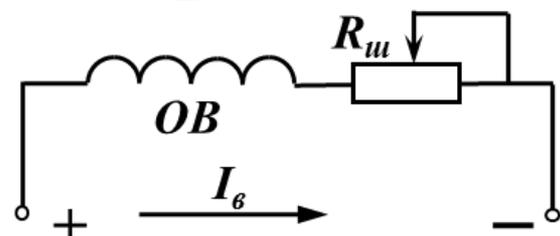
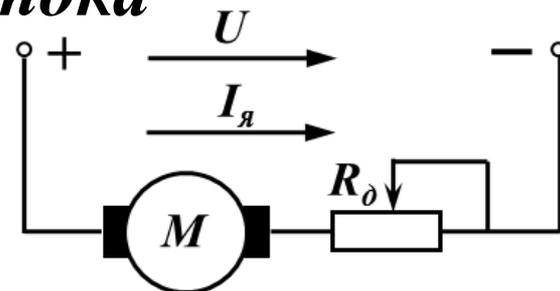
U₃ < U₂ < U₁ < U_H



Искусственные характеристики при изменении магнитного потока

1. $I = I_n$ $\omega = 0$

2. $I = 0$ $\omega = \omega_0$



Величина магнитного потока пропорциональна току в обмотке возбуждения ($I_в$). Регулировать тока возбуждения возможно путем изменения напряжения на зажимах обмотки или сопротивления (R_u).

Величина магнитного потока считается номинальной при номинальном напряжении на зажимах обмотки возбуждения и отсутствии добавочных сопротивлений в этой цепи.

$$1. \quad I = I_n \quad \omega = 0$$

$$I_{\text{я}} = \frac{U}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} - \frac{c\Phi}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} \omega \quad I_n = \frac{U}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}}$$

$$2. \quad I = 0 \quad \omega = \omega_o$$

$$\omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}}{c\Phi} I \quad \omega_o = \frac{U}{c\Phi}$$

$\Phi = \text{var}$

I, A

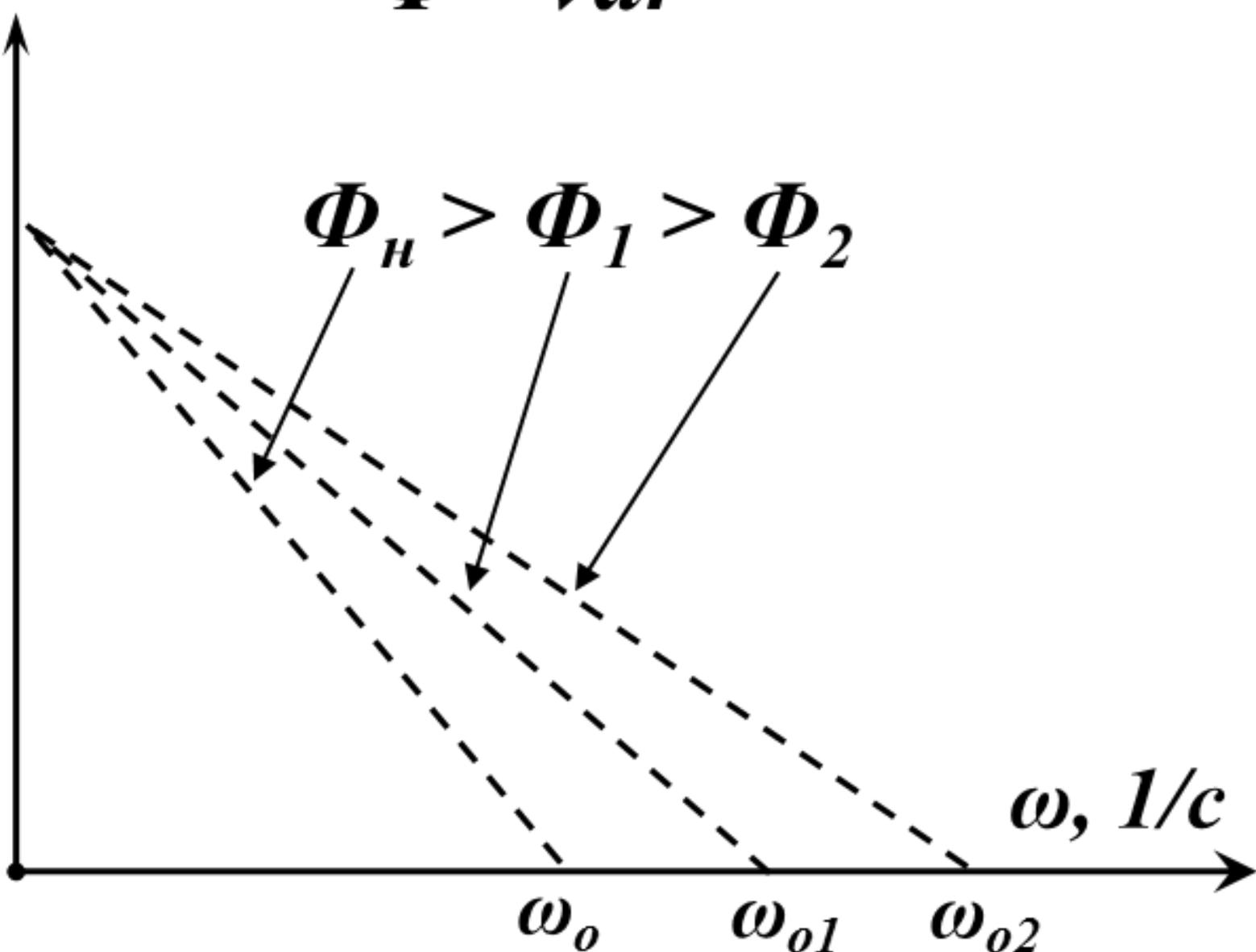
$\Phi_H > \Phi_1 > \Phi_2$

$\omega, 1/c$

ω_0

ω_{01}

ω_{02}

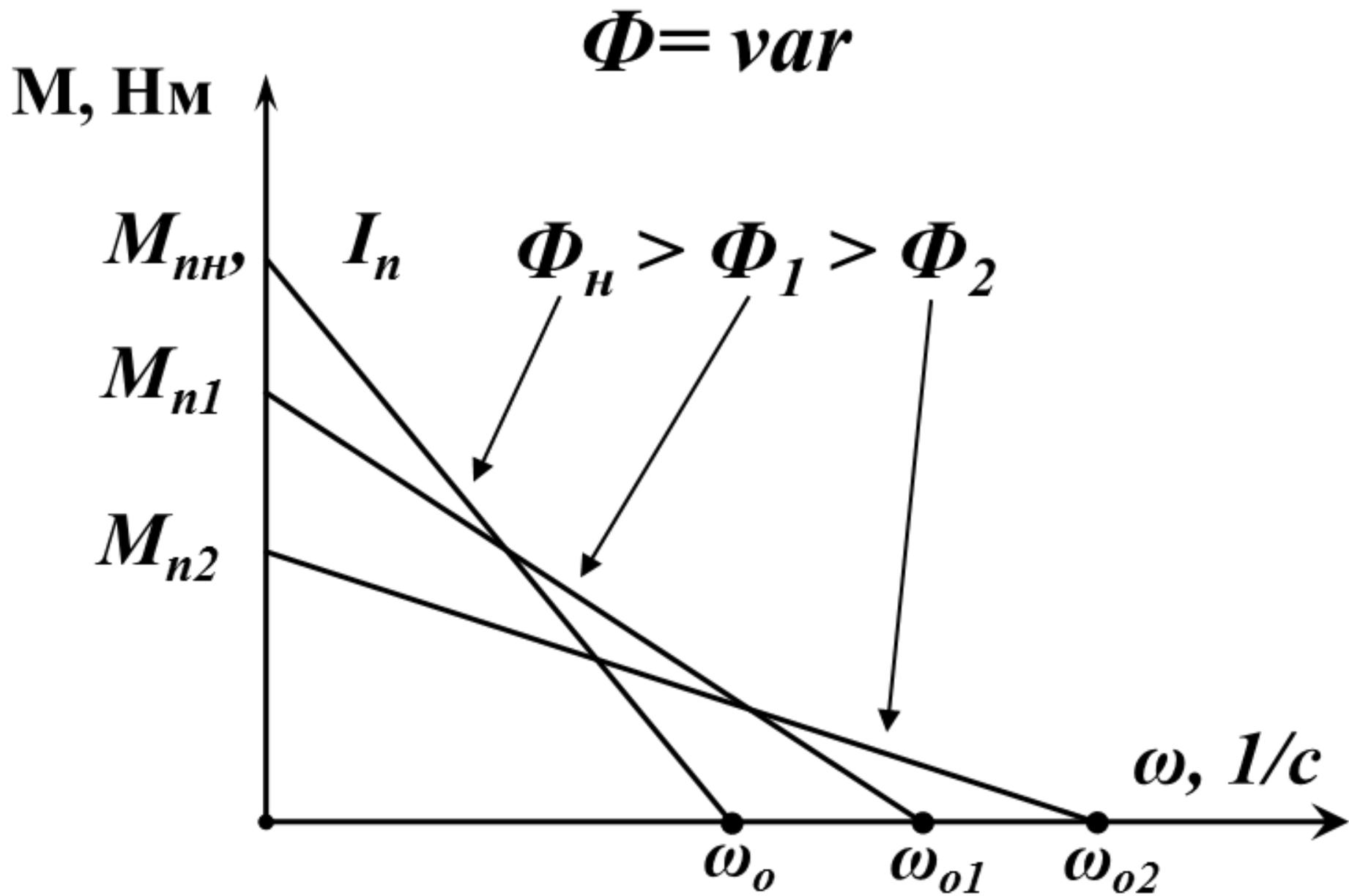


$$2. \quad M = 0 \quad \omega = \omega_0$$

$$\omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}}{(c\Phi)^2} M \quad \omega_0 = \frac{U}{c\Phi}$$

$$1. \quad M = M_n \quad \omega = 0$$

$$M = \frac{Uc\Phi}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} - \frac{(c\Phi)^2}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} \omega \quad M = \frac{Uc\Phi}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}}$$



4. Построение естественной скоростной и механической характеристик ДПТ с НВ по паспортным данным

В паспорте двигателей постоянного тока приводятся основные номинальные величины:

Мощность	– $P_H, Вт$
Напряжение	– $U_H, В$
Ток	– $I_H, А$
Частота вращения	– $n_H, об/мин.$
К.П.Д.	– η_H

$$1. M_H, \omega_H \qquad 2. M=0, \omega_0$$

$$1. \quad \omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} \quad M_H = \frac{P_H}{\omega_H}$$

$$2. \quad \omega_o = \frac{U}{c\Phi} \quad I_{\text{я}} = \frac{U}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} - \frac{c\Phi}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} \omega$$

$$I_H = \frac{U_H}{r_{\text{я}}} - \frac{c\Phi}{r_{\text{я}}} \omega_H$$

$$c\Phi = \frac{U_H - I_H r_{\text{я}}}{\omega_H}$$

$$\Delta P_M = 0,5 P_H (1 - \eta_H) \quad \text{Потери в якоре}$$

$$\Delta P_M = I_H^2 r_{\text{я}}$$

$$r_{\text{я}} = 0,5 \cdot \frac{U_H}{I_H} \cdot (1 - \eta_H) = 0,5 R_H (1 - \eta_H)$$

5. Механические характеристики тормозных режимов ДПТ НВ

Известны следующие режимы:

- 1 – двигательный режим;
- 2 – генераторный тормозной режим с отдачей электрической энергии в сеть (рекуперативный тормозной режим);
- 3 – генераторный тормозной режим с отдачей энергии сопротивлению, включенному последовательно с сетью (торможение противовключением);
- 4 – генераторный тормозной режим с отдачей электрической энергии автономному потребителю (динамический тормозной режим);

1 – двигательный режим

В двигательном режиме развиваемый момент совпадает с направлением скорости.

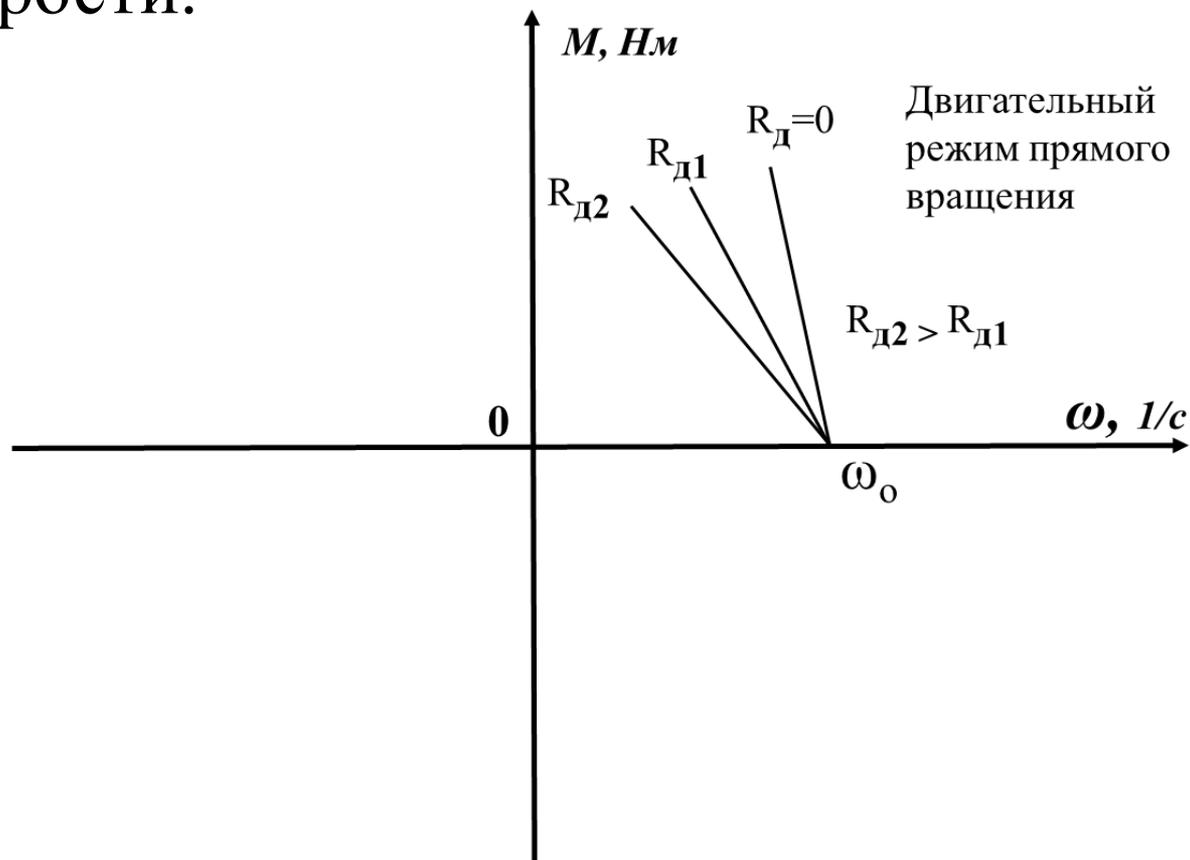
$$M > 0$$

$$\omega_o > \omega > 0$$

$$E < U$$

$$I = \frac{U - E}{R} > 0$$

$$P = UI > 0$$



Режим идеального холостого хода (Х.Х.):

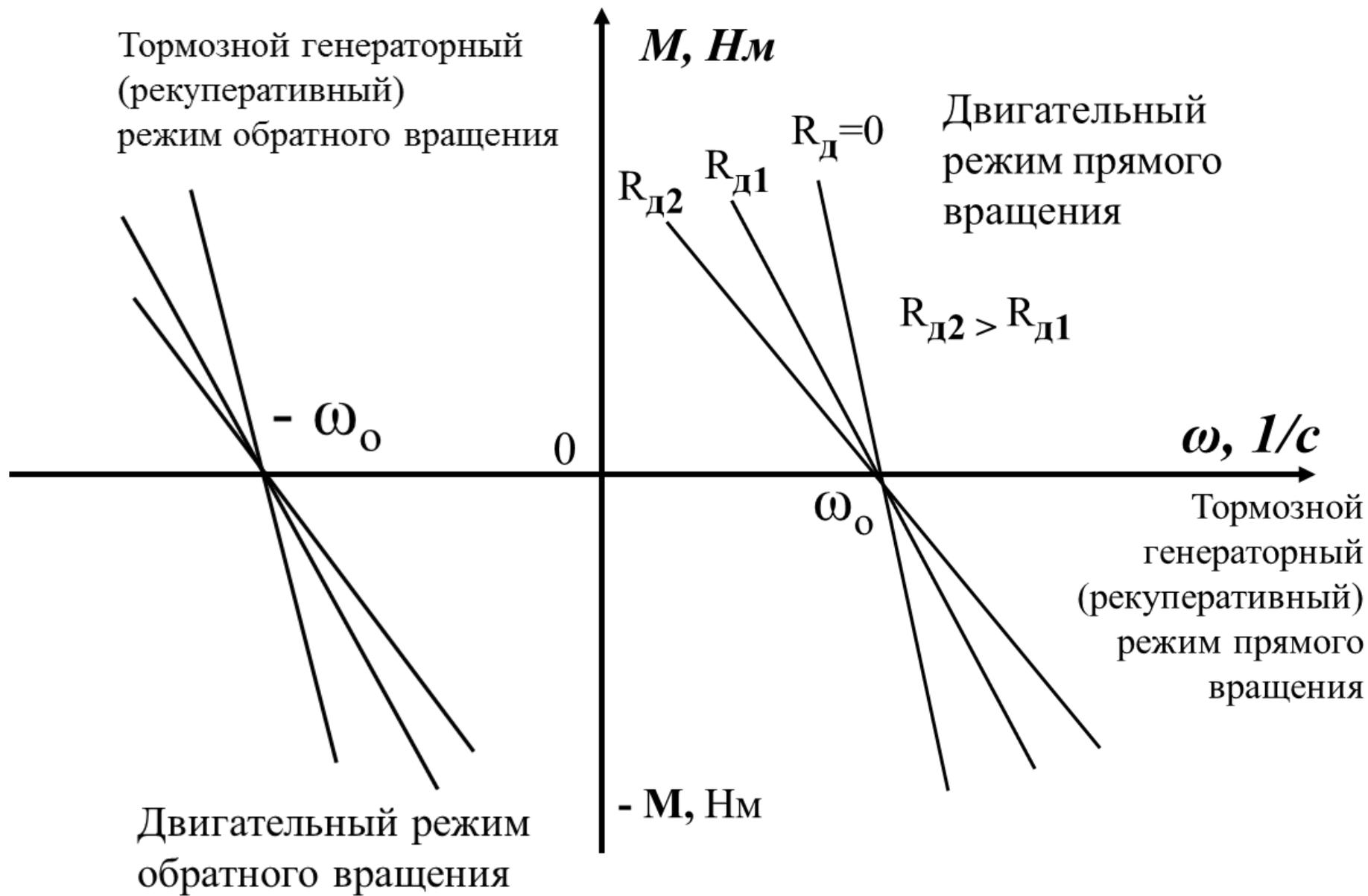
$$E = c\Phi\omega_0 = U \quad I = 0 \quad M = 0 \quad P = 0$$

2 Генераторный тормозной режим с отдачей электрической энергии в сеть (*рекуперативный тормозной режим*)

$$\omega > \omega_0 \quad E > U \quad I = \frac{U - E}{R} < 0$$

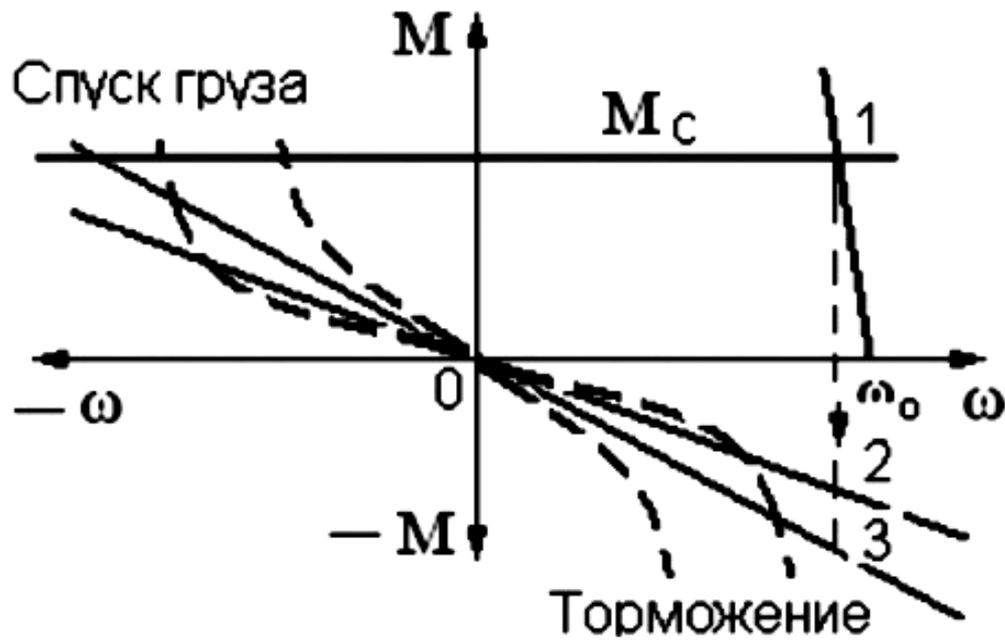
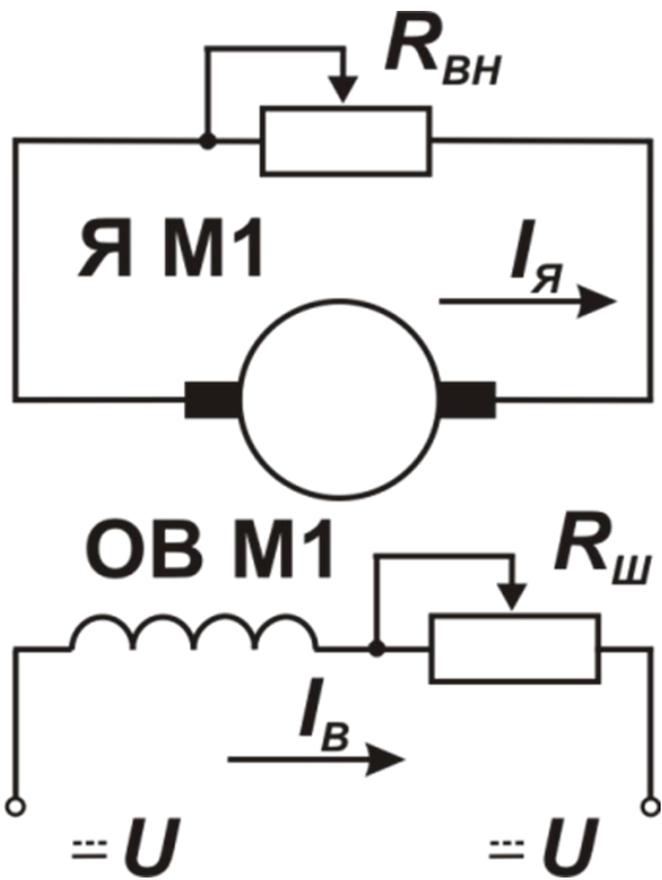
$$M < 0$$

$$P = UI < 0$$



3 Генераторный тормозной режим с отдачей электрической энергии автономному потребителю (динамический тормозной режим)

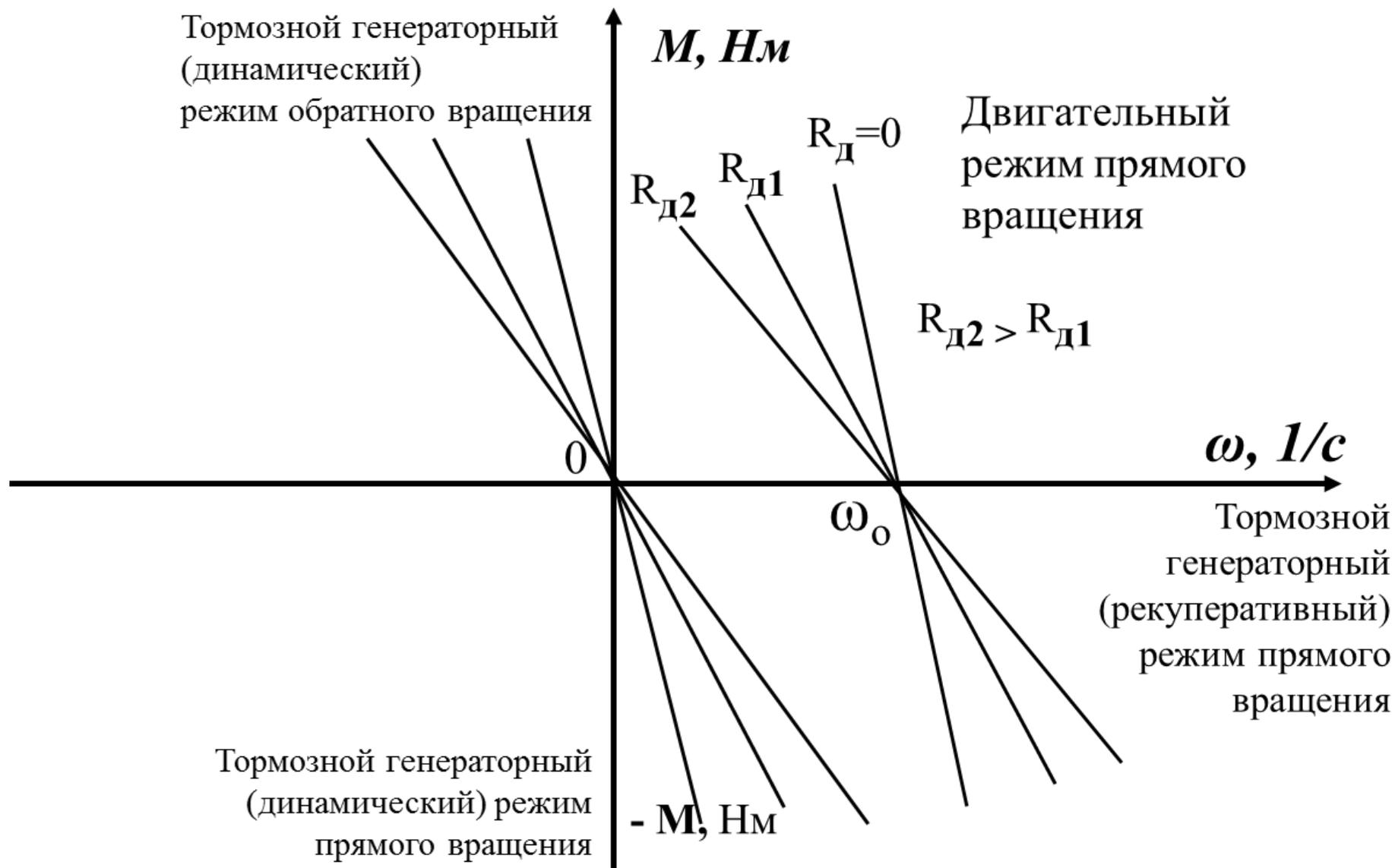
1. Способ: Если обмотку якоря отсоединить от источника питания и замкнуть на внешнее сопротивление $R_{вн}$, образуется схема генератора с независимым возбуждением (*динамический тормозной режим с независимым возбуждением*).



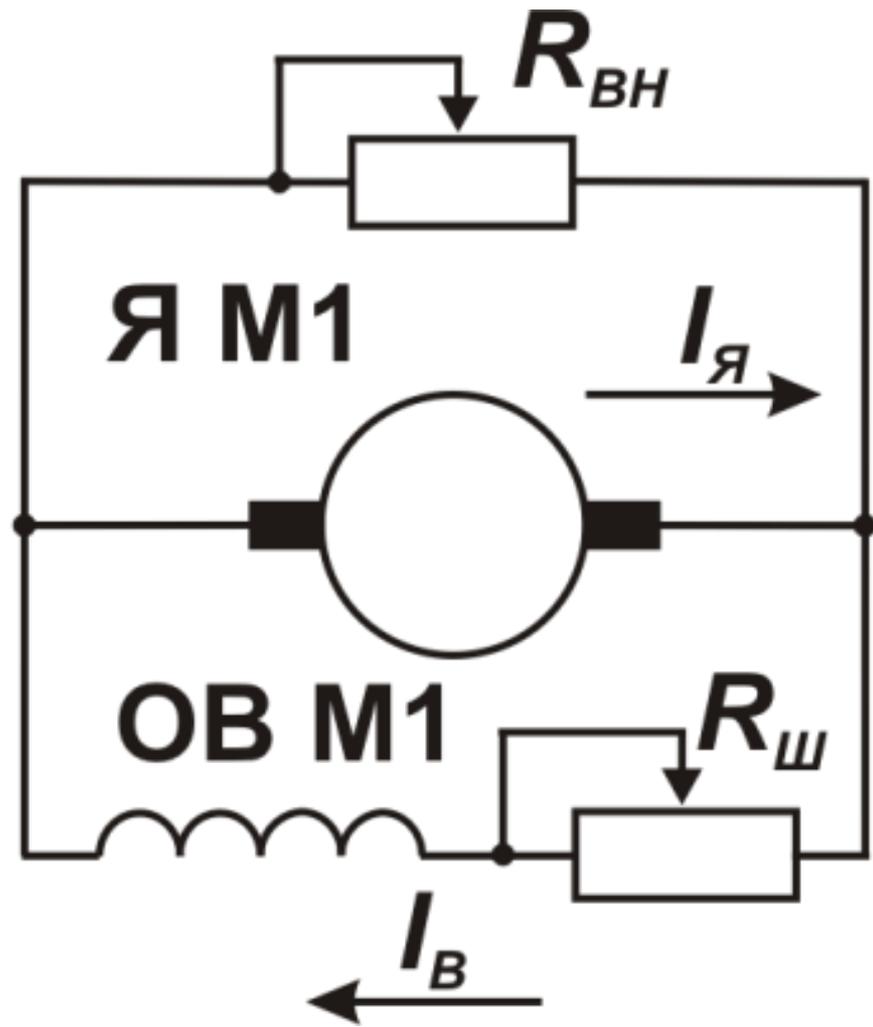
$$M = c\Phi I_{\text{я}} < 0 \quad P = UI < 0$$

$$I_{\text{я}} = \frac{0 - c\Phi\omega}{r_{\text{я}} + R_{\text{вн}}} < 0$$

$$I = -\frac{c\Phi\omega}{r_{\text{я}} + R_{\text{д}}} \quad M = -\frac{(c\Phi)^2\omega}{r_{\text{я}} + R_{\text{вн}}}$$

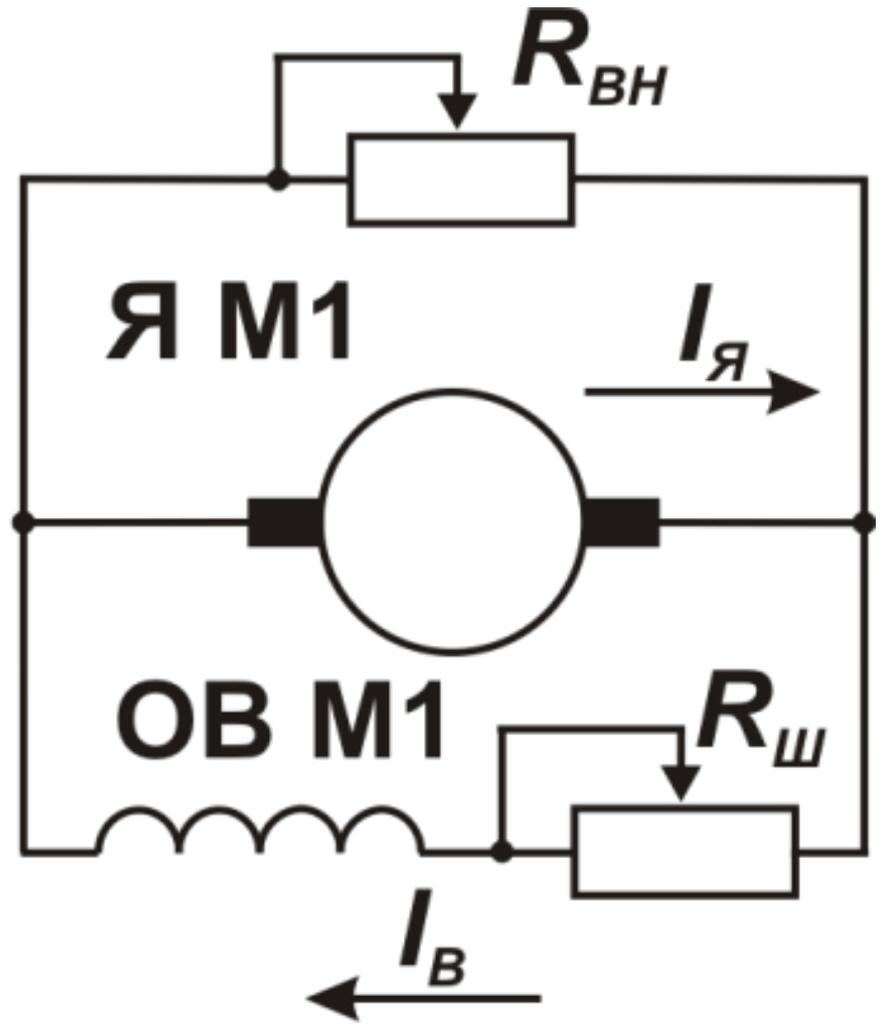


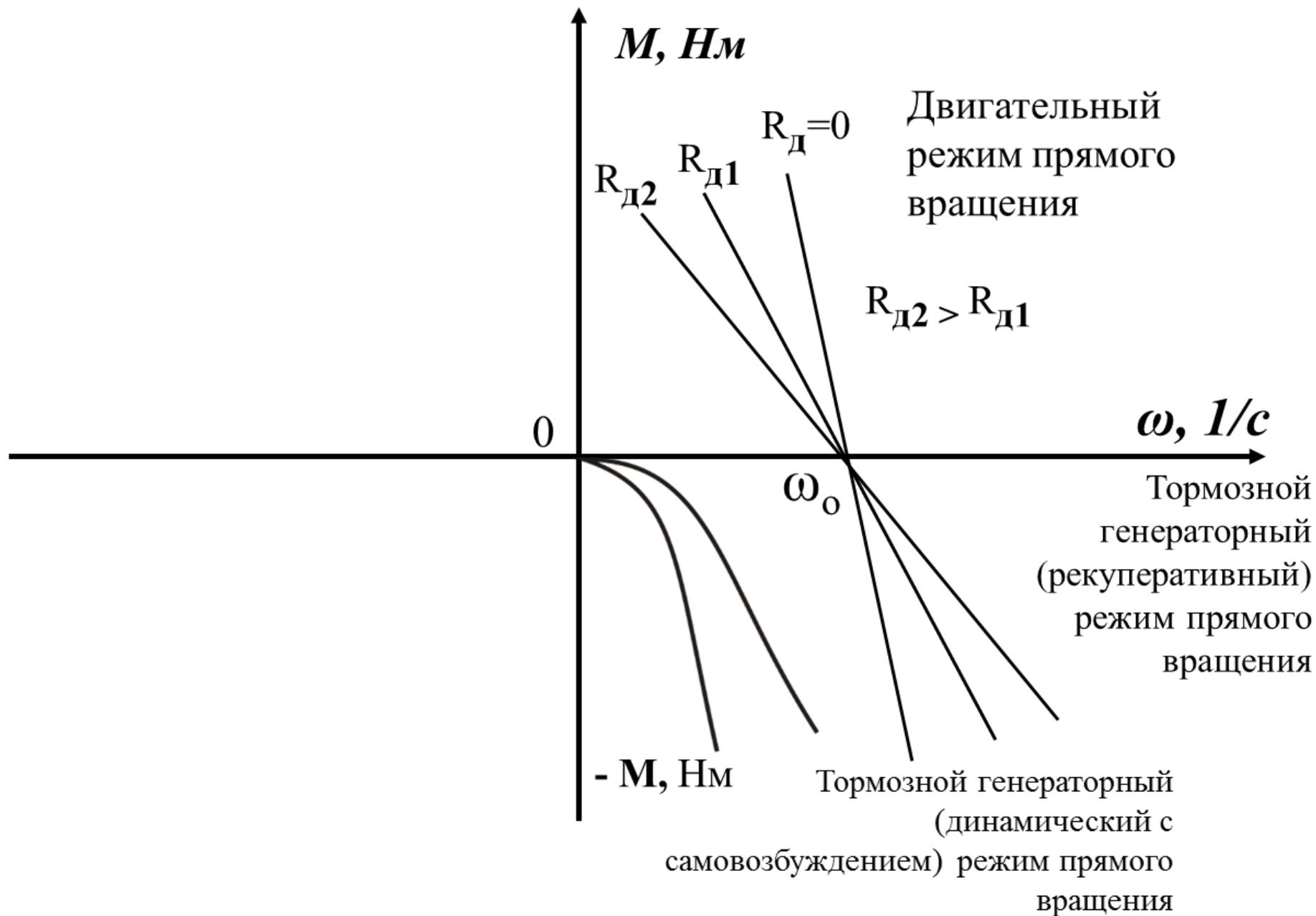
2. Способ: Обмотку якоря отсоединить от источника питания и замкнуть на внешнее сопротивление $R_{вн}$, обмотка возбуждения включается параллельно с обмоткой якоря и образуется схема генератора с самовозбуждением (динамический тормозной режим с самовозбуждением).



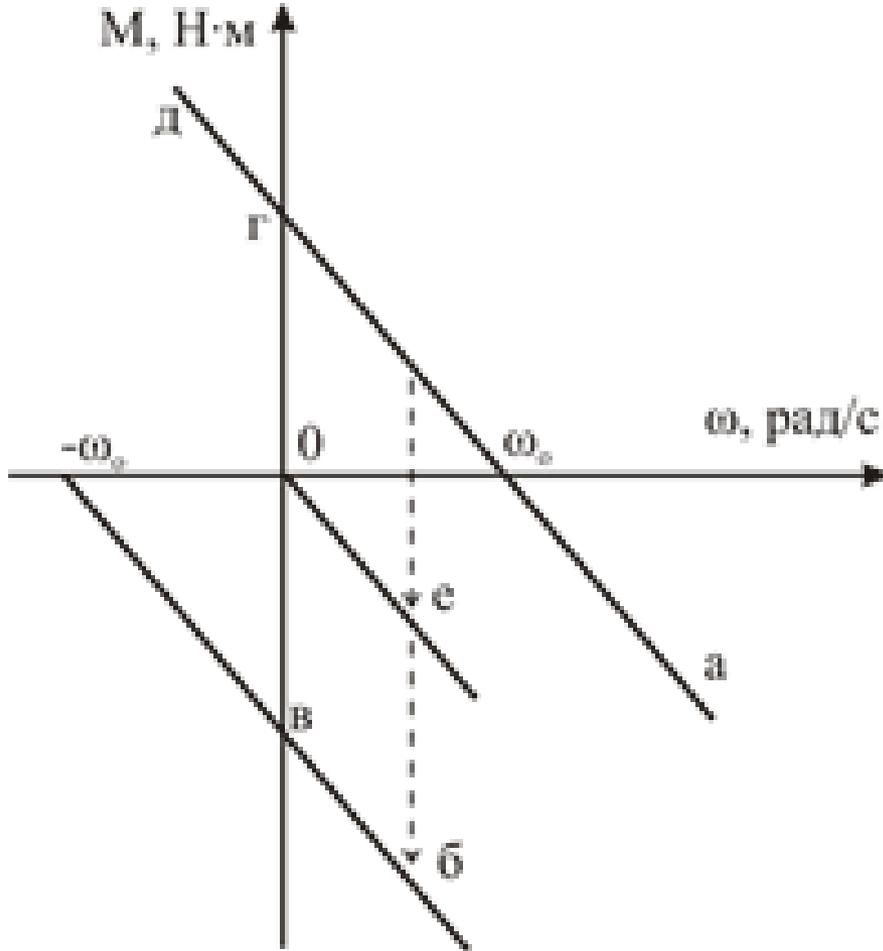
$$I_{\text{я}} = \frac{c\Phi}{r_{\text{я}} + \frac{R_{\text{ш}}R_{\text{вн}}}{R_{\text{ш}} + R_{\text{вн}}}} \omega$$

$$M = \frac{(c\Phi)^2}{r_{\text{я}} + \frac{r_{\text{в}}R_{\text{вн}}}{R_{\text{ш}} + R_{\text{вн}}}} \omega$$





4 Генераторный тормозной режим с отдачей энергии сопротивлению, включенному последовательно с сетью (*торможение противовключением*)

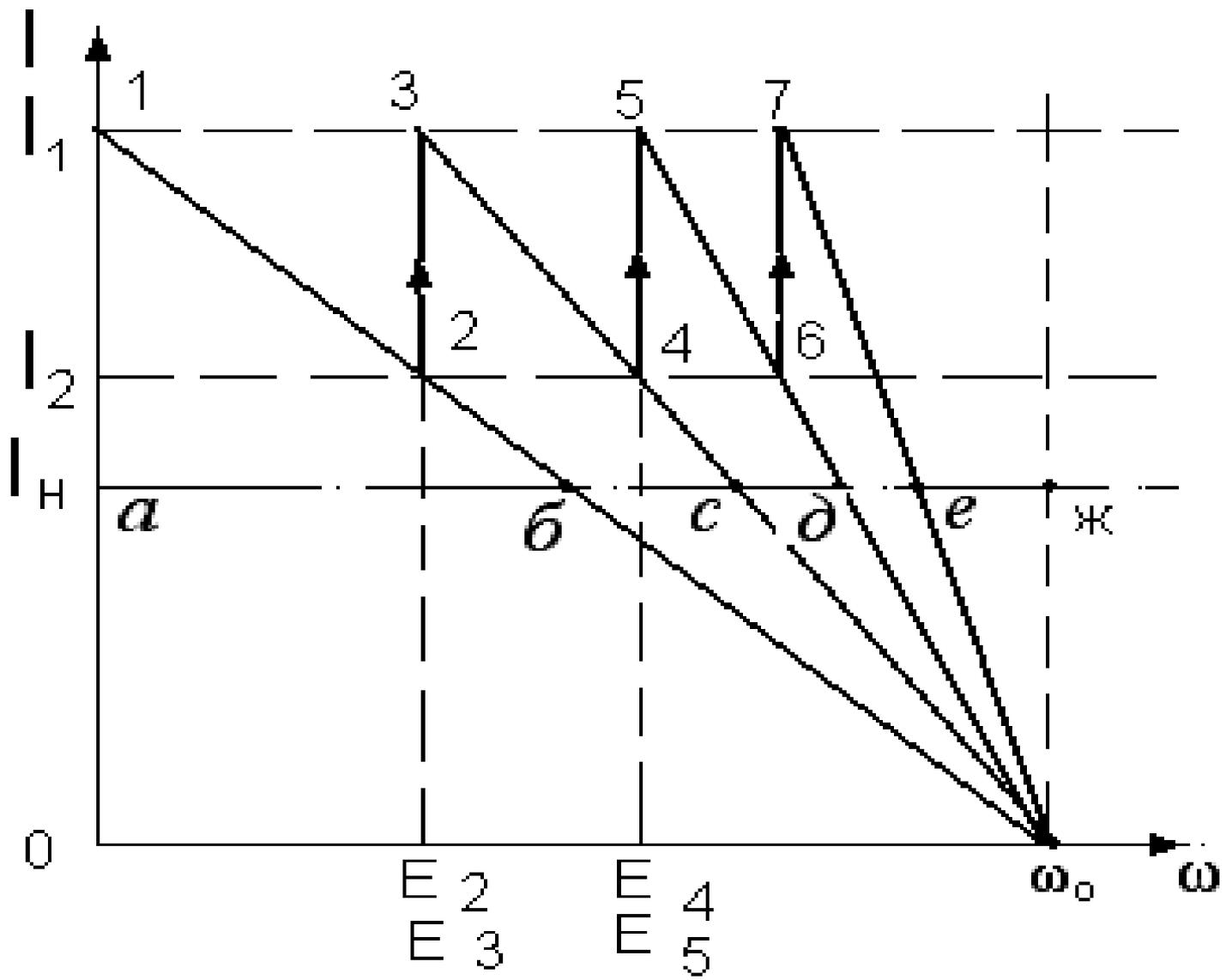


$$I_{я} = \frac{U}{r_{я} + R_{\partial}} - \frac{c\Phi}{r_{я} + R_{\partial}} \omega$$

$$I_{я} = \frac{U - c\Phi\omega}{r_{я} + R_{\partial}}$$

6. Расчет пусковых сопротивлений ДПТ НВ

Для ограничения величины пусковых токов и моментов - при пуске и торможение двигателей постоянного тока независимым и с параллельным возбуждением осуществляются при введении в цепь якоря добавочных (пусковых) сопротивлений.



Пусковая диаграмма ДПТ НВ

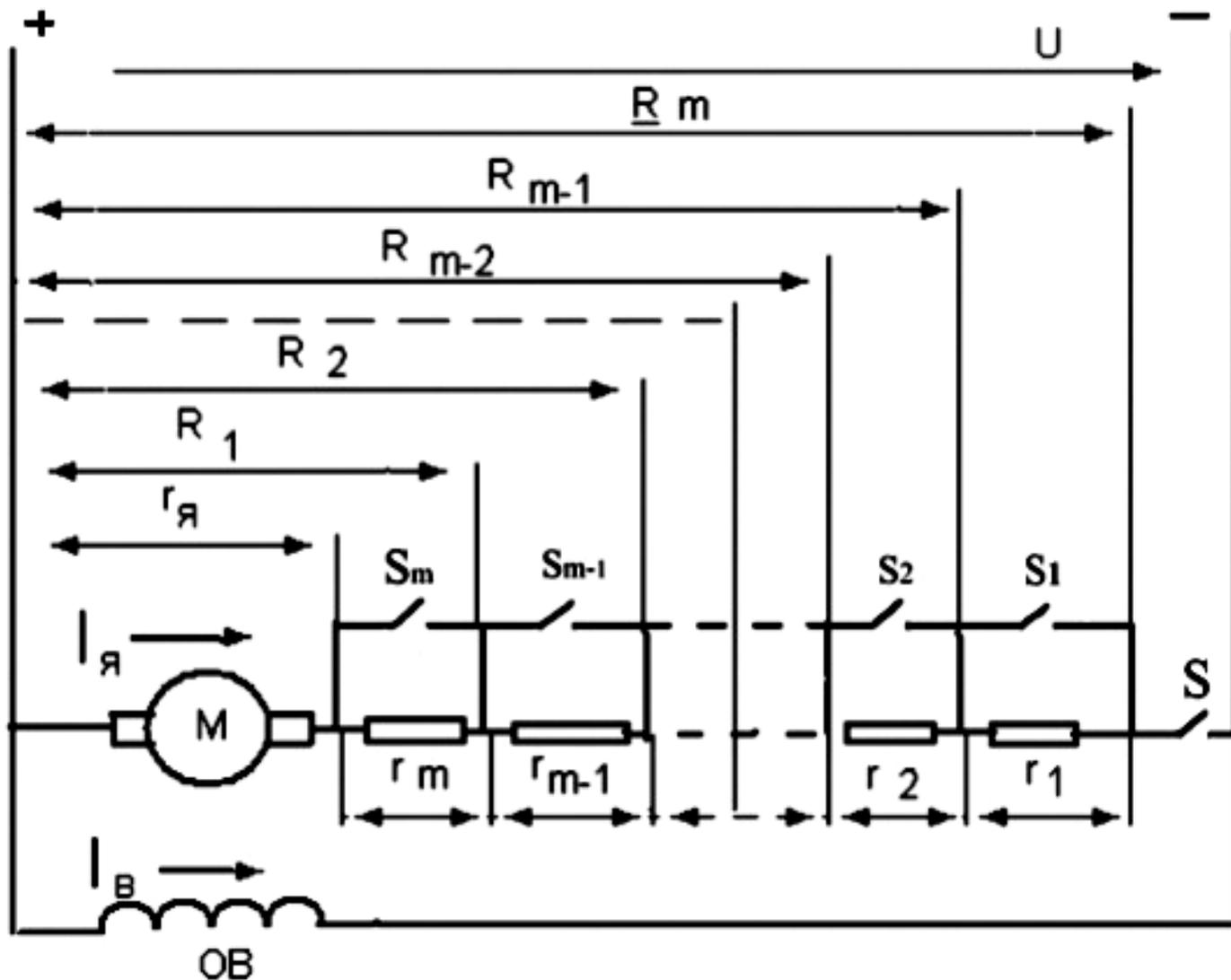


Схема пуска ДПТ НВ