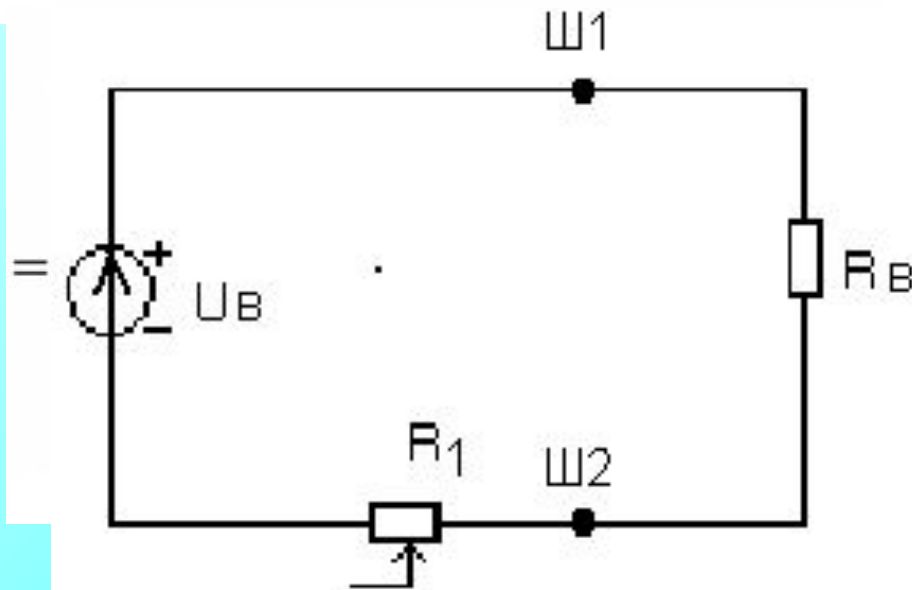
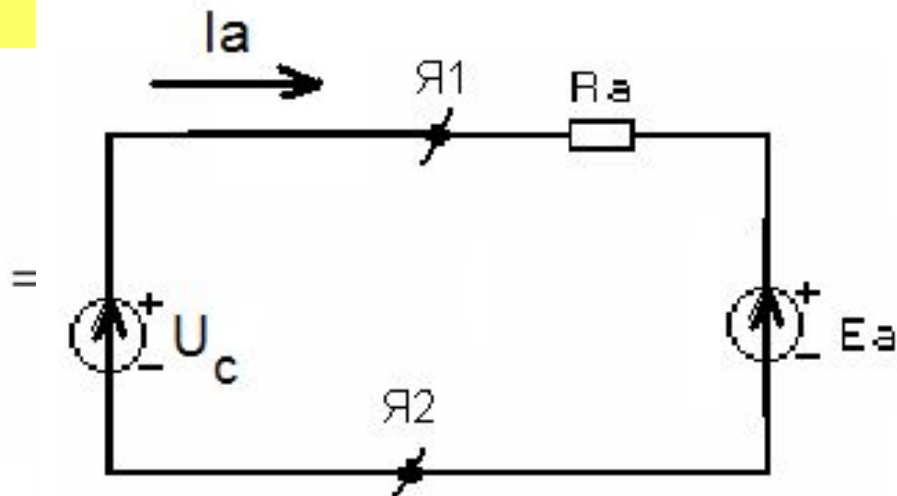


Двигатели постоянного тока

Двигатель независимого
(параллельного) возбуждения

Схема включения



$$I_a = \frac{U_c - E_a}{R_a}$$

Электромагнитный момент:

$$M_{\text{э}} = C \cdot \Phi \cdot I_a$$

$$E_a = \frac{U_c - C \cdot \Phi \cdot \omega}{C \cdot \Phi}$$

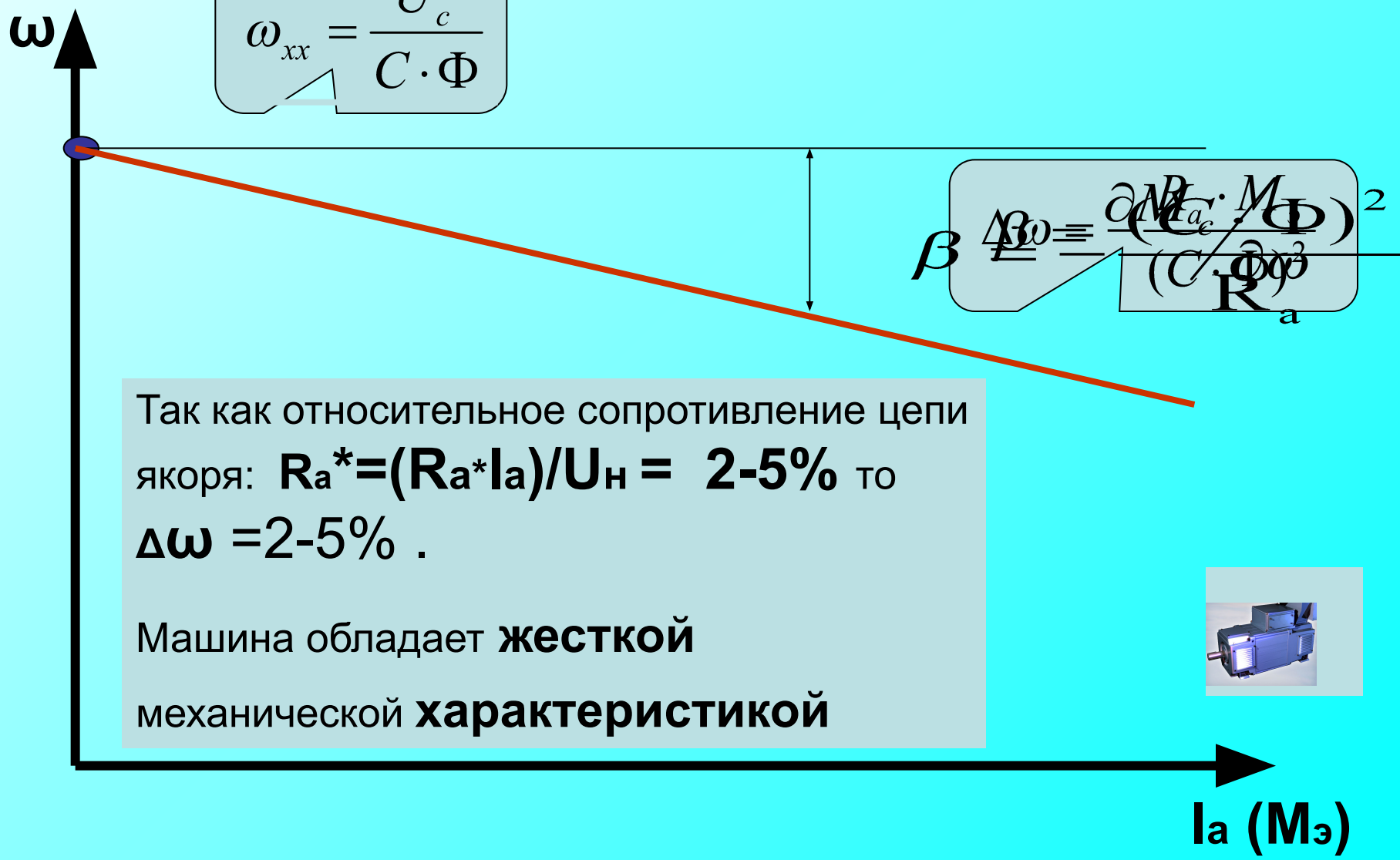
$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\text{э}}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

$$\omega = \omega_{\text{xx}} - \frac{1}{\beta} \cdot M_{\text{э}}$$

Механическая характеристика естественная ($U_c=U_n$; $R_{доп}=0$ $I_B=I_{B ном}$)

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\varepsilon}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

$$\omega_{xx} = \frac{U_c}{C \cdot \Phi}$$



$$\beta \Delta \omega \equiv \frac{\partial (M_{\varepsilon} \cdot M_{\Phi})}{\partial (C \cdot \Phi \omega^2)^2} \approx \frac{R_a}{C \cdot \Phi}$$

Так как относительное сопротивление цепи якоря: $R_a^* = (R_a \cdot I_a) / U_n = 2-5\%$ то $\Delta \omega = 2-5\%$.

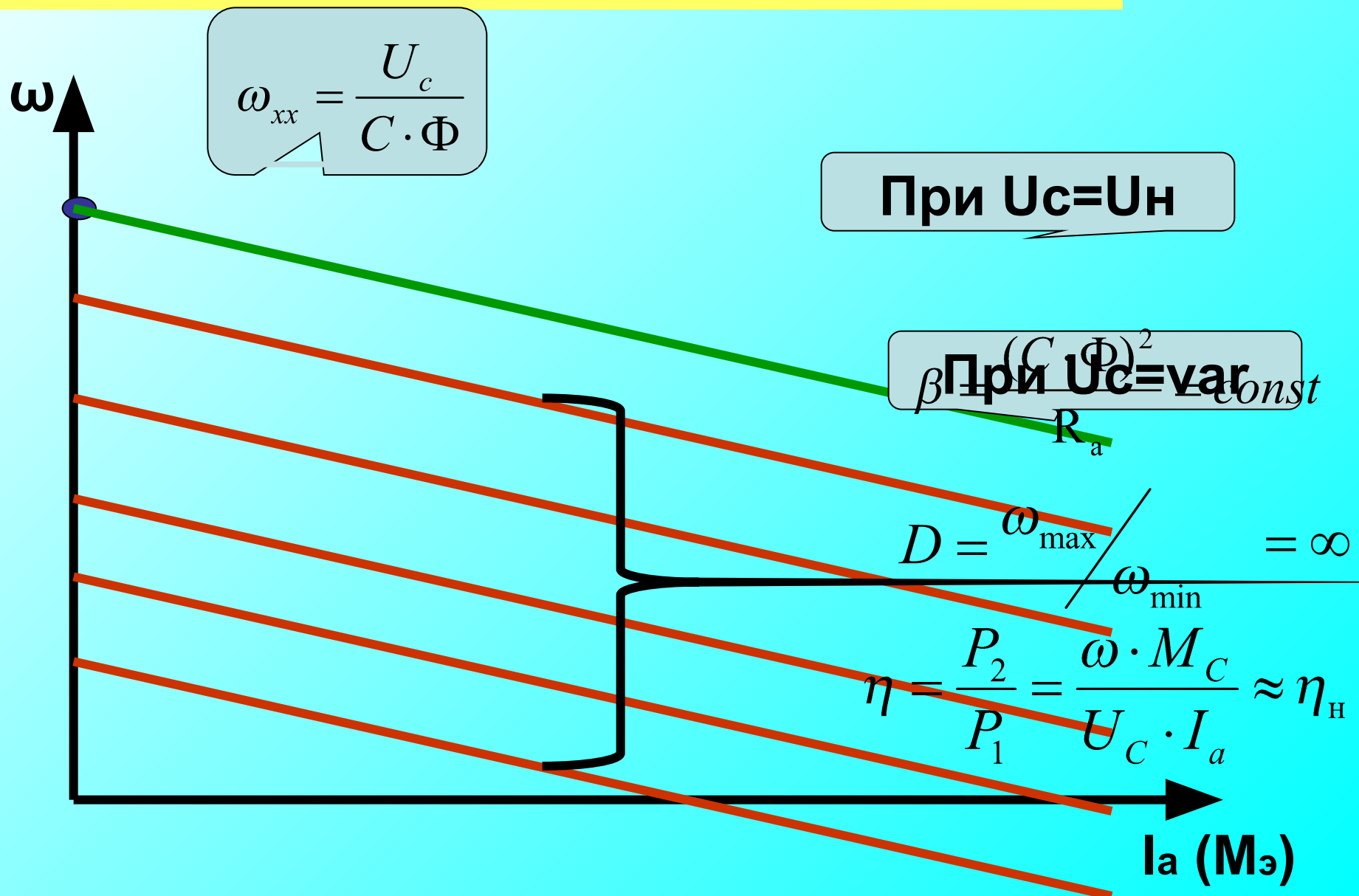
Машина обладает **жесткой** механической **характеристикой**



Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\text{э}}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

1. Изменением напряжения на якоре $U_c = \text{var}$



Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\text{э}}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

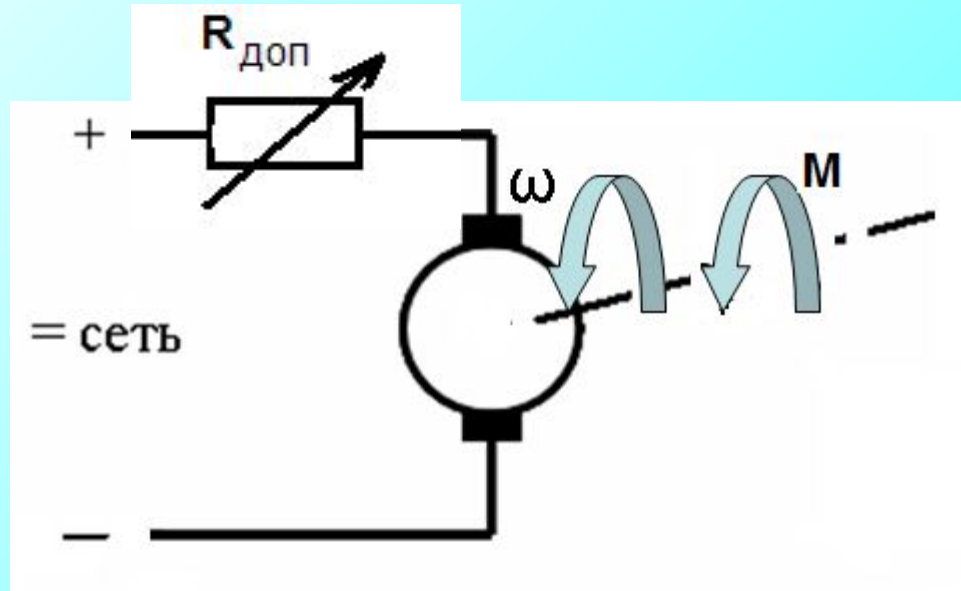
2. Изменением сопротивления в якорной цепи:

$$R_a + R_{\text{доп}} = \text{var}$$

$$\omega_{\text{xx}} = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} = \text{const}$$

$$\beta = \frac{(C \cdot \Phi)^2}{R_a + R_{\text{доп}}} = \text{var}$$

$$D = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_{\text{min}}} = \infty$$



$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\omega \cdot M_c}{U_c \cdot I_a} \approx \eta_{\text{н}} \cdot \frac{\omega}{\omega_{\text{н}}}$$

При **уменьшении** частоты вращения пропорционально **уменьшается КПД** электропривода

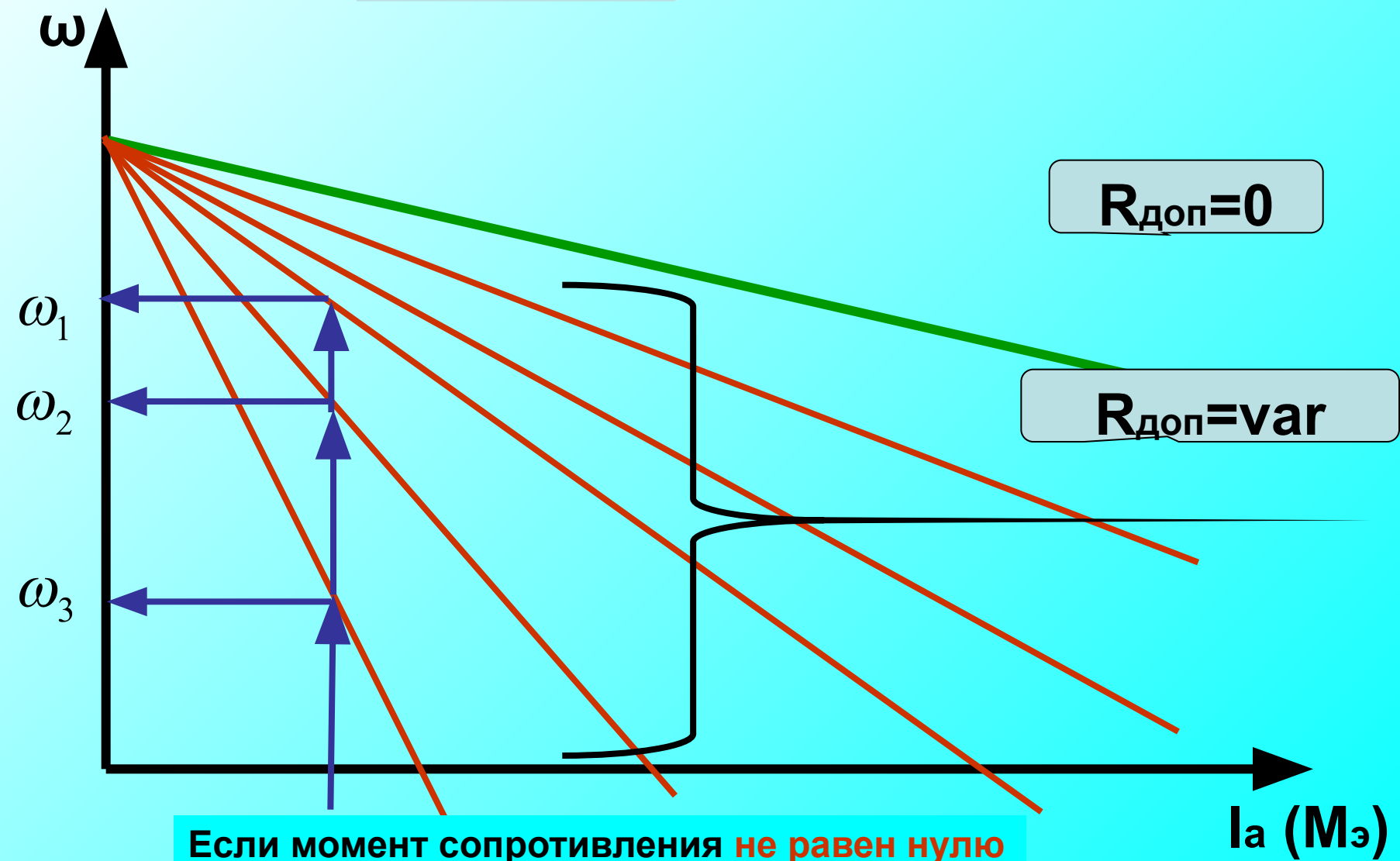
Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\text{э}}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

$R_a + R_{\text{доп}} = \text{var}$

$$\omega_{xx} = \text{const}$$

$$\beta = \text{var} \downarrow$$



Если момент сопротивления **не равен нулю**
Изменяется (при изменении $R_{\text{доп}}$) и частота вращения

Регулирование частоты вращения

3. Изменением магнитного потока

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\varepsilon}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

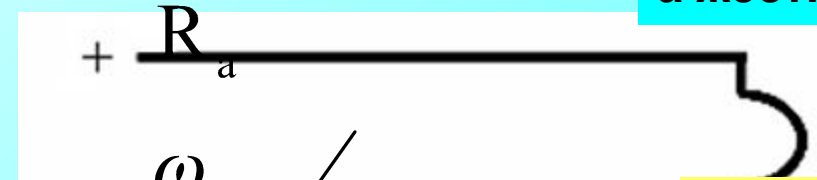
Так как магнитная цепь машины работает при $K_{нас} = V_n / V_{нас} \sim 0.8$, регулировать магнитный поток **ВОЗМОЖНО ТОЛЬКО** в сторону уменьшения - **Ослабление поля**

$$\omega_{xx} = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} = \text{var} \uparrow$$

При **уменьшении магнитного потока** - **частота вращения** на холостом ходу **возрастает**,

$$\beta = \frac{(C \cdot \Phi)^2}{R_a} = \text{var} \downarrow$$

а жесткость уменьшается.



$$D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = 2 \div 3$$

= сеть

Ослабление поля используется как **дополнительный способ** регулирования

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\omega \cdot M_{C_{R1}}}{U_c \cdot I_a} \approx \eta_H$$

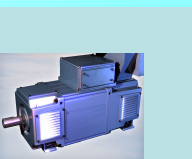
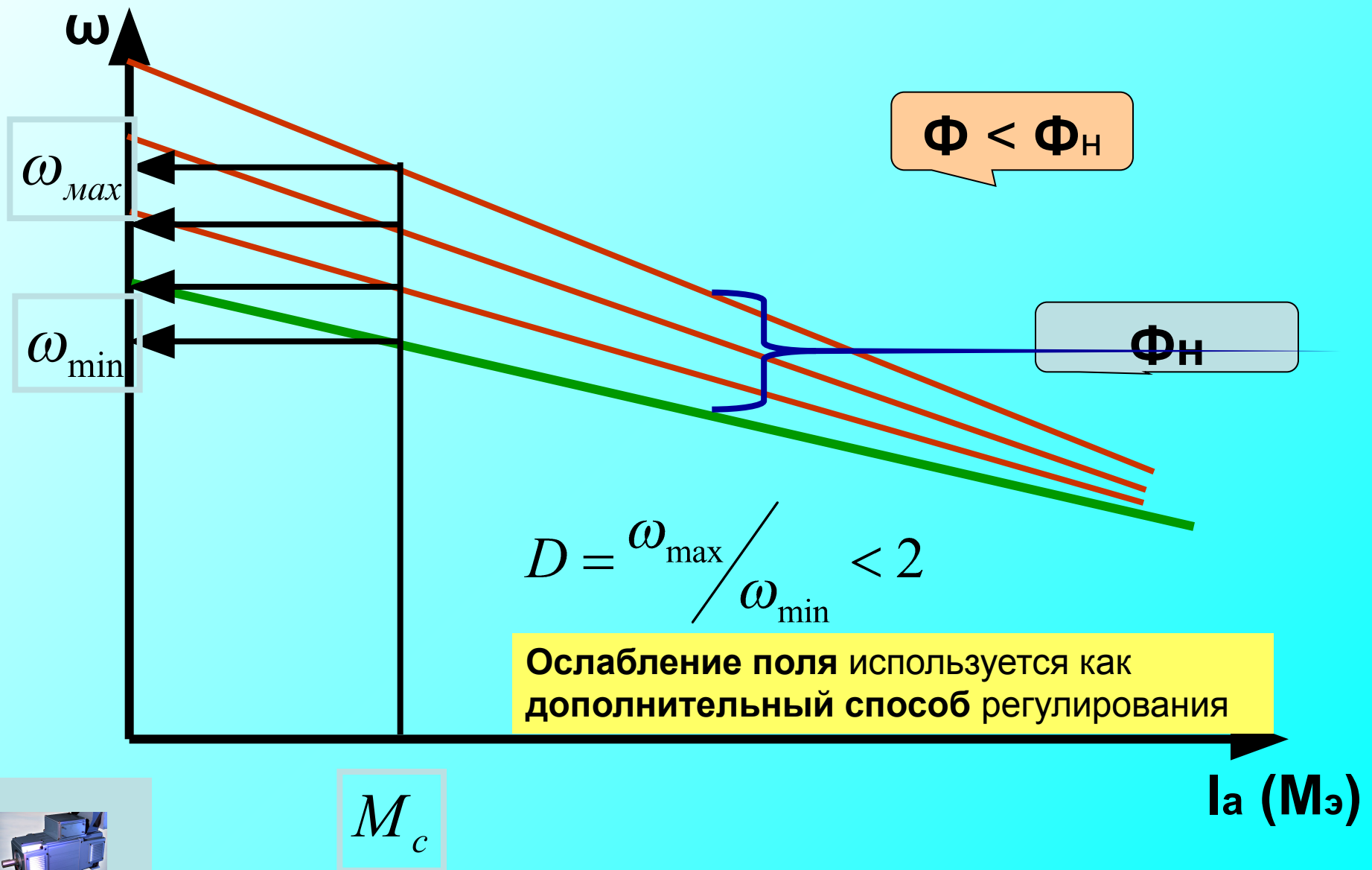
При **ослабление поля** (при неизменном моменте нагрузки) частота возрастает и **ток якоря** так же **возрастает** ($M_{\varepsilon} = C \cdot \Phi \cdot I_a$), следовательно **КПД** эл.привода **изменяется не значительно.**

Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a \cdot M_{\varepsilon}}{(C \cdot \Phi)^2}$$

$\Phi = \text{var}$

$\omega_{xx} \uparrow \quad \beta \downarrow$



**Спасибо за
работу!**

1. Что такое «Реакция якоря» в МПТ
2. Как вы понимаете термин «**Коммутация**» применительно к МПТ
3. Укажите **причины** возникновения **искрения** на коллекторе
4. Какие **методы** используют для **улучшения коммутации**
5. Объясните термин «**Электомагнитный момент**»
6. Какие **методы** используют для изменения **частоты вращения двигателя** **независимого** возб. при **$M=0$**
7. От каких параметров **зависит жесткость** мех. характеристики **шунтового эл. двигателя**
8. Как вы понимаете термин «**Глубина регулирования**»
9. Что такое «**потери энергии в меди**»
10. Объясните термин «**потери энергии в стали**»

**Спасибо за
работу!**

1. Что такое «Реакция якоря» в МПТ
2. Как вы понимаете термин «**Коммутация**» применительно к МПТ
3. Укажите **причины** возникновения **искрения** на коллекторе
4. Какие **методы** используют для **улучшения коммутации**
5. Объясните термин «**Электомагнитный момент**»
6. Какие **методы** используют для изменения **частоты вращения двигателя** независимого возбуждения.
7. Как вы понимаете термины **ротор** и **статор** эл. машины
8. Что такое **якорь** электрической машины
9. Что такое «**потери энергии в меди**»
10. Объясните термин «**потери энергии в стали**»

«Реакция якоря» для индукторных машин – возникновение магнитного поля якоря и его влияние на основное магнитное поле, в МПТ вызывает искривление (поворот) общего магнитного поля

«Коммутация» переключение секции из одной ветви обмотки якоря в другую и **происходящее при этом изменение тока**

3 При нелинейной коммутации **плотность тока на крае щетки возрастает** – происходит выгорание (искрение) части щетки

- увеличение сопротивления щеток
- смещение щеток с геометрической нейтрали
- дополнительные полюса

5. Объясните термин «**Электромагнитный момент**»

Электромагнитный момент:

$$M_{\text{э}} = C \cdot \Phi \cdot I_a$$

6. Какие **методы** используют для изменения **частоты вращения двигателя** независимого возб. при **M=0**

$$\omega = \frac{U_c}{C \cdot \Phi} - \frac{R_a M}{C \cdot \Phi}$$

7. От каких **Параметров** зависит **жесткость** мех. характеристики **шунтового эл. двигателя**

$$M = 0 \Rightarrow \omega_{ХХ} = \frac{U_c}{C \cdot \Phi}$$

$$\beta = \frac{(C \cdot \Phi)^2}{R_a + R}$$

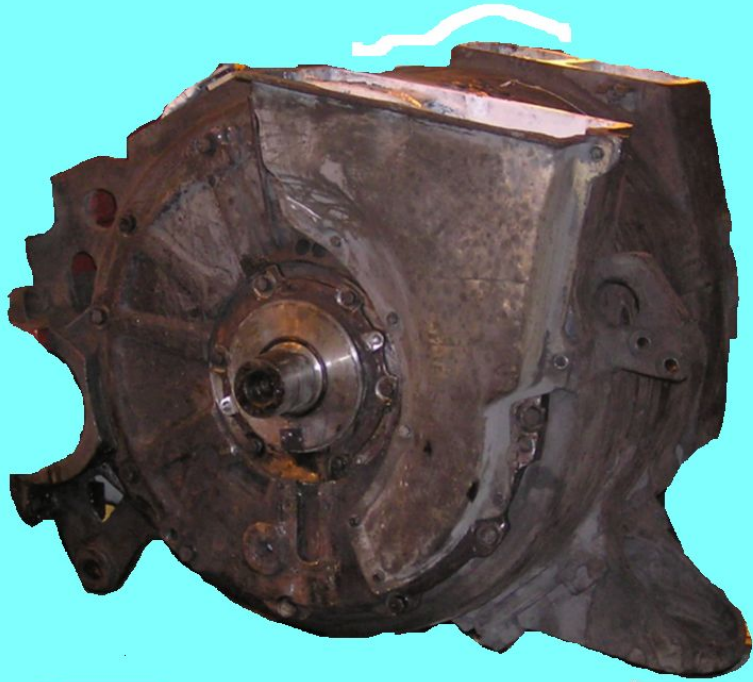
8. Как вы понимаете термин **«Глубина регулирования»**

Потери энергии, **связанные с протеканием тока** в проводниках из-за **наличия активного сопротивления** проводника

$$\Delta P_M = \sum I_m^2 \cdot R_m$$

Потери энергии, **связанные с перемагничиваем магнитопроводов** машин

$$\Delta P_{СТ} \equiv B; J; \dots$$

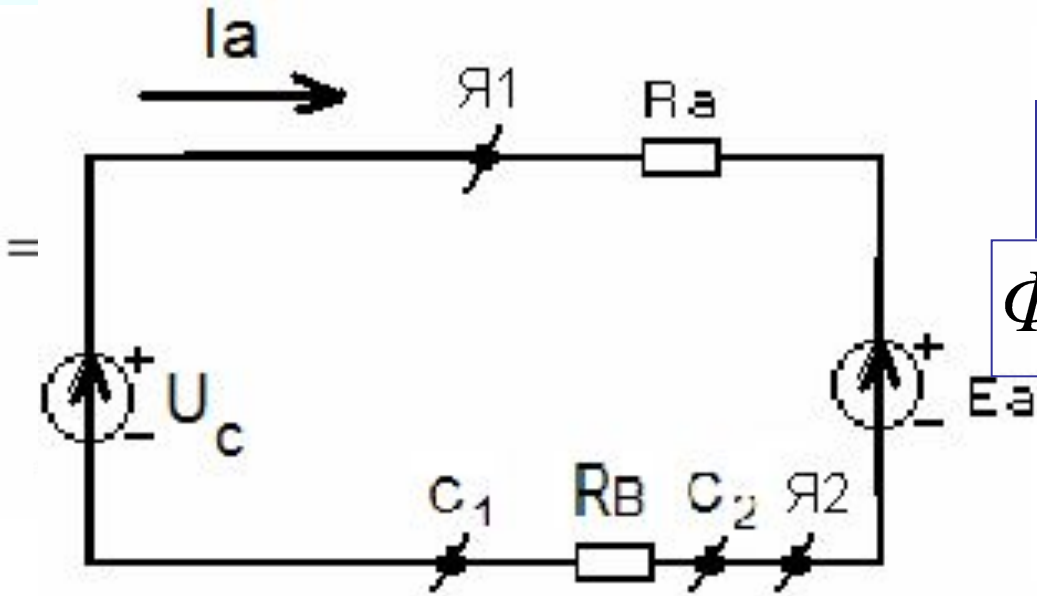


Двигатели постоянного тока

Двигатель последовательного
возбуждения

Схема включения и мех. характеристика

$$I_a = \frac{U_c - E_a}{R_a + R_B}$$



Без учёта насыщения магнитной системы:

$$\Phi = W_B M_B = C \Phi I_a = K \cdot I_a$$

Электромагнитный момент:

$$M_{\mathcal{E}} = K \cdot I_a^2$$

$$\omega = \frac{W_{cc}}{K \cdot \Phi_a} - \frac{R_a \cdot I_a + R_B}{C \cdot \Phi}$$

Уравнение электромеханической характеристики

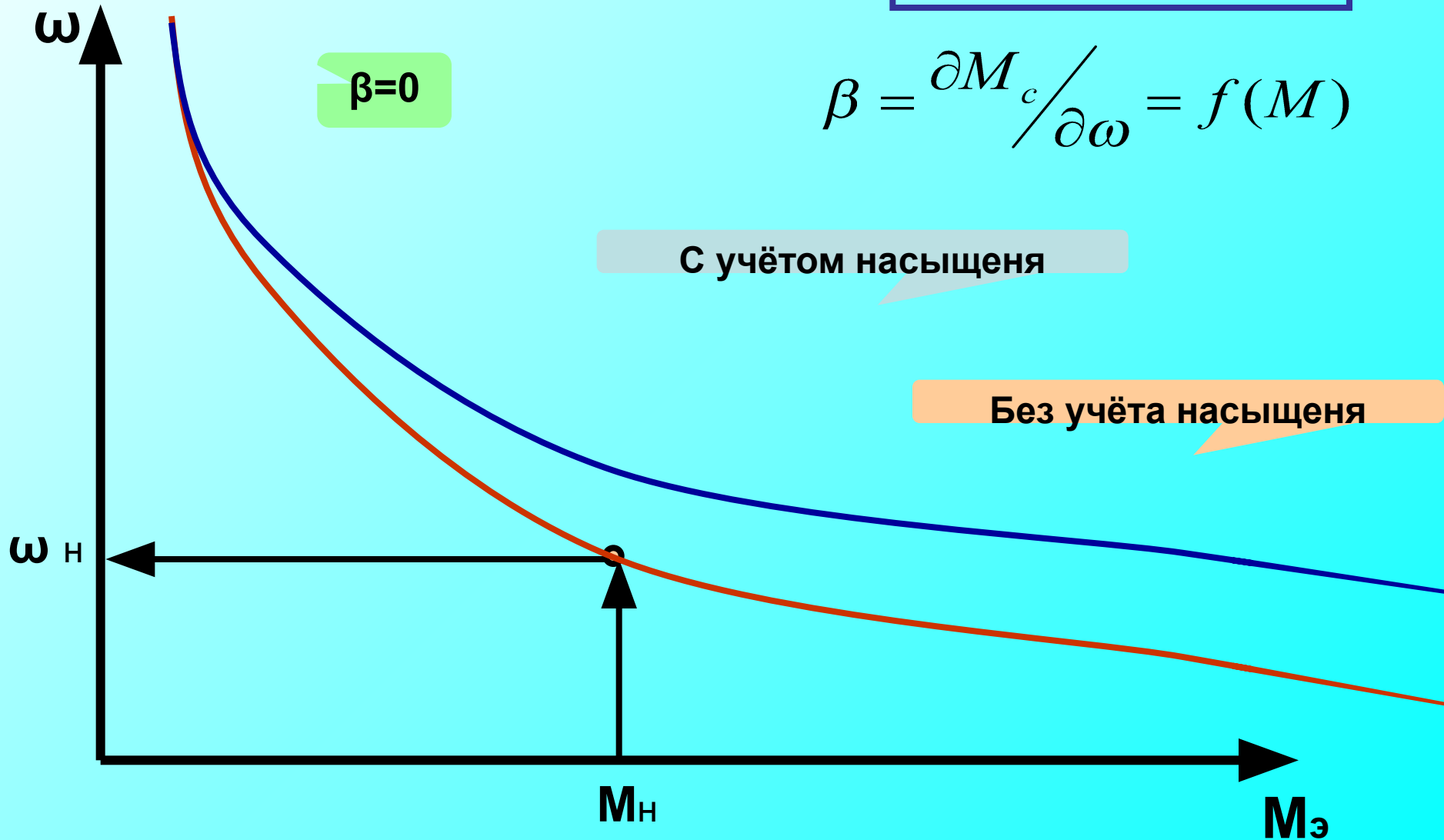
$$\omega = \frac{U_c}{\sqrt{K \cdot M_{\mathcal{E}}}} - \frac{R_a + R_B}{K}$$

Уравнение механической характеристики

Механическая характеристика

$$\omega = \frac{U_c}{\sqrt{K \cdot M_{\text{Э}}}} - \frac{R_a + R_B}{K}$$

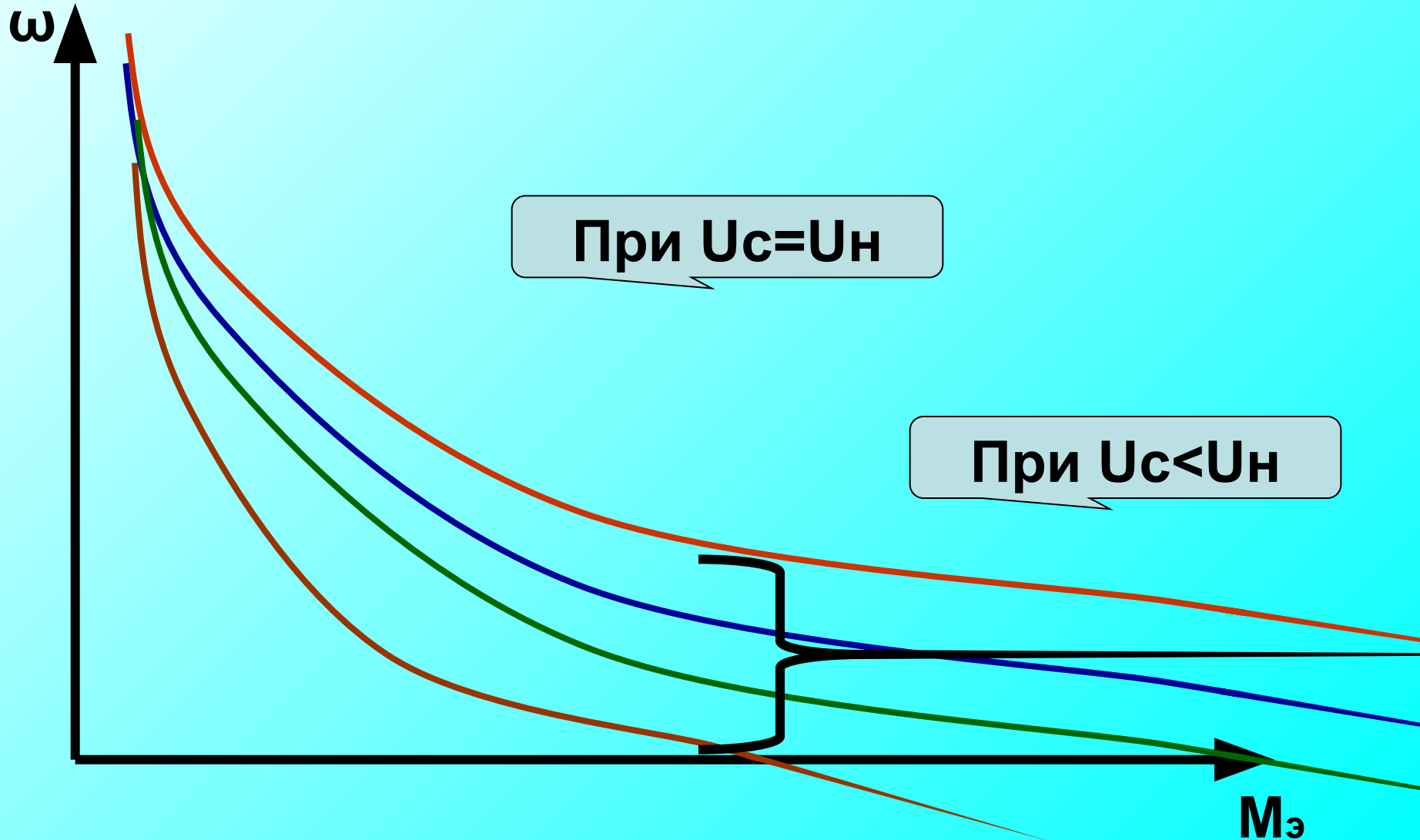
$$\beta = \frac{\partial M_c}{\partial \omega} = f(M)$$



Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{\sqrt{K \cdot M_{\text{Э}}}} - \frac{R_a + R_B}{K}$$

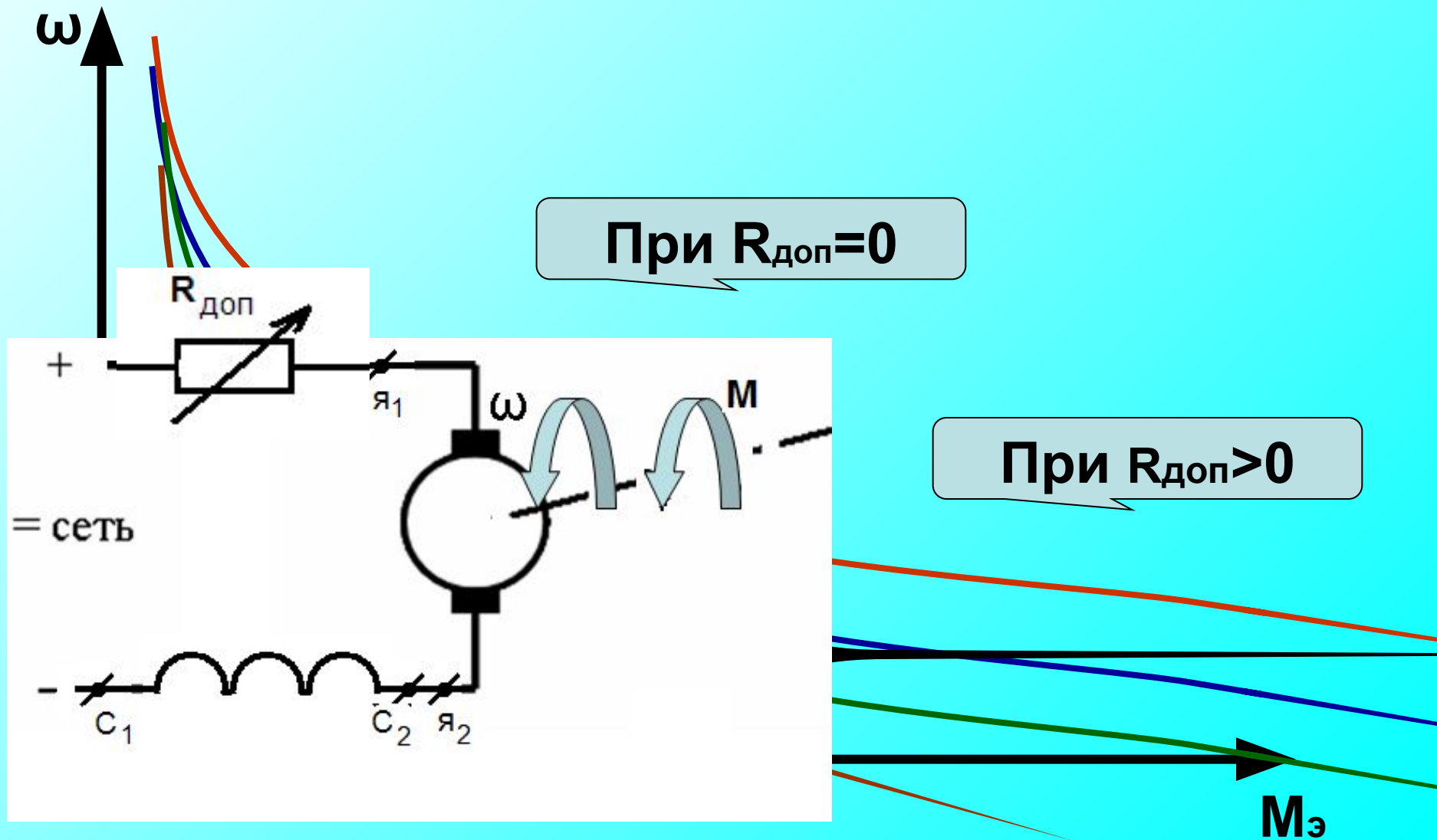
1. Изменением напряжения на якоре $U_c = \text{var}$



Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{\sqrt{K \cdot M_{\Theta}}} - \frac{R_a + R_B}{K}$$

2. Изменением сопротивления якорных цепей $R = \text{var}$

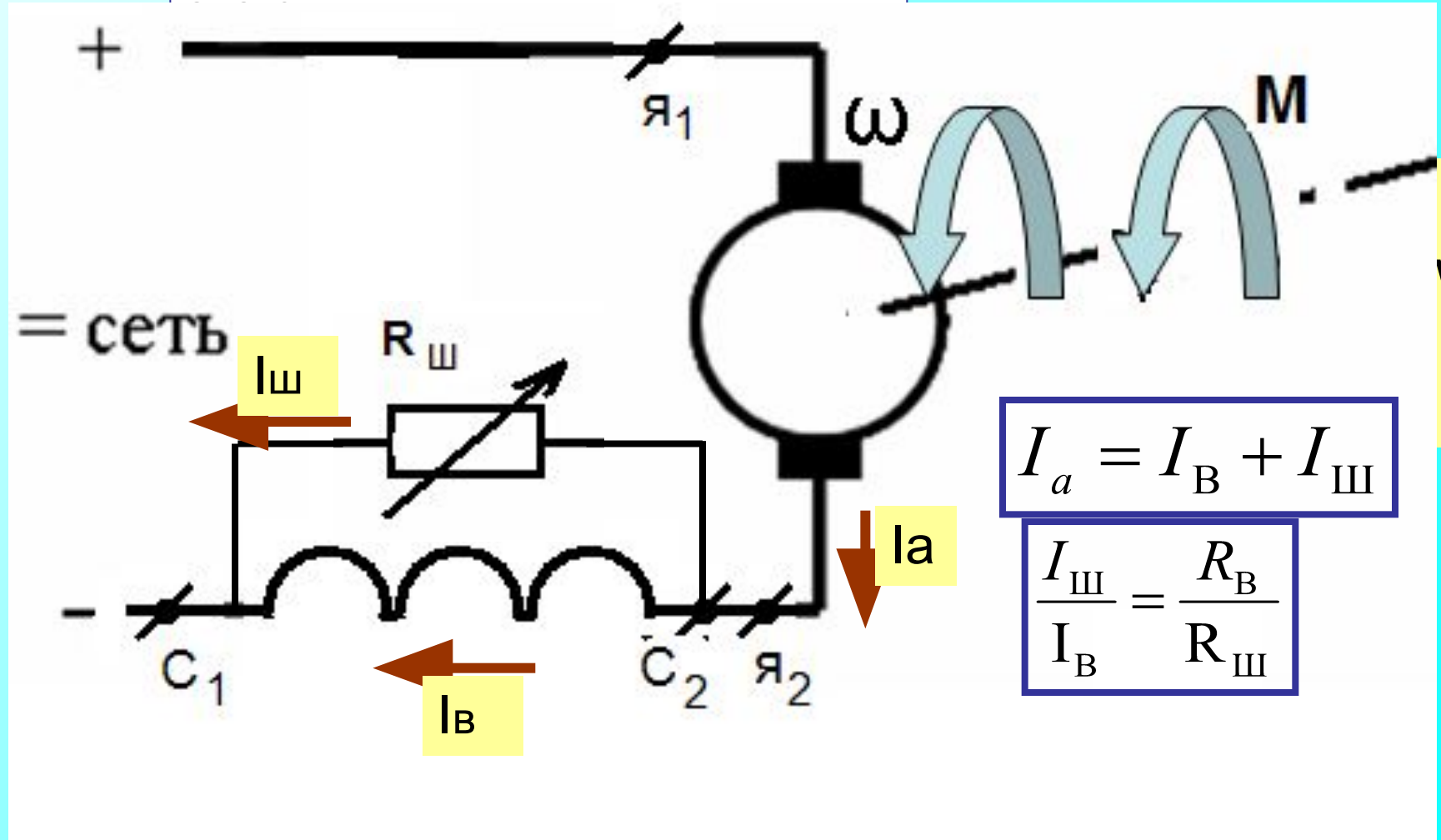


Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{\sqrt{K \cdot M_{\Theta}}} - \frac{R_a + R_B}{K}$$

3. Изменением (ослаблением) магнитного поля $\Phi = \text{var}$

Без учёта насыщения магнитной



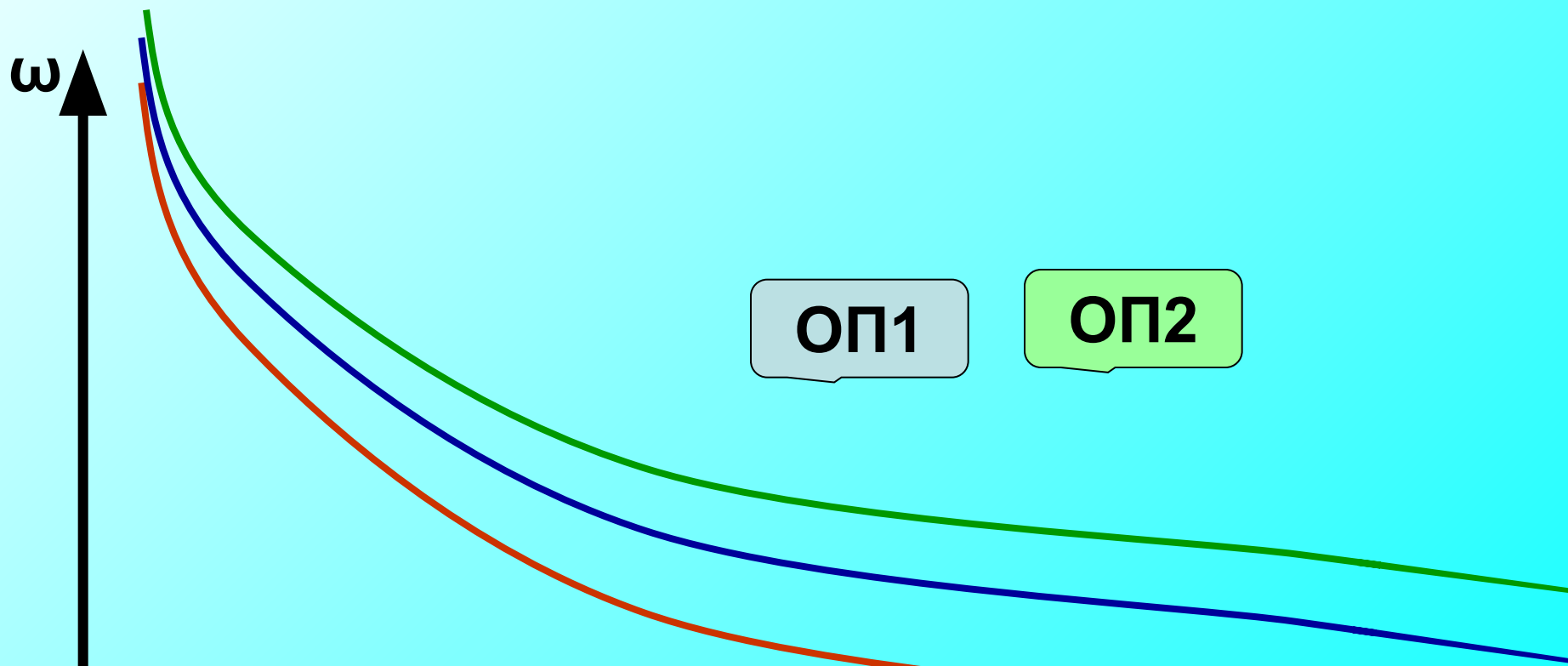
$$I_a = I_B + I_{\text{ш}}$$

$$\frac{I_{\text{ш}}}{I_B} = \frac{R_B}{R_{\text{ш}}}$$

V_B

Регулирование частоты вращения

$$\omega = \frac{U_c}{\sqrt{K \cdot M_{\Theta}}} - \frac{R_a + R_B}{K}$$



D; η - см. двигатель независимого возбуждения