



**СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»**

**Дисциплина:**

**«Автоматизированный электрический привод»**

**Практическое занятие № 1:**

**Расчет пусковых резисторов для  
электродвигателей постоянного тока**

**Доцент кафедры к. т. н.**

**ГОРПИНЧЕНКО Александр Владимирович**

- 1) Расчет пусковых резисторов для электродвигателей постоянного тока параллельного возбуждения.
- 2) Расчет пусковых резисторов для электродвигателей постоянного тока смешанного возбуждения

## ЛИТЕРАТУРА

1. М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер «Общий курс электропривода». М.: Энергоиздат, 1981 г.
2. Электротехнический справочник. Под редакцией П.Г. Грудинского и др. том 2. – М.: Издательство МЭИ, 2003 г.

# 1. Расчет пусковых резисторов для электродвигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

Ток якоря двигателя определяется выражением:

$$I_a = \frac{U - E}{R_a}, \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение, подводимое к якорю,

$E$  – ЭДС обмотки якоря,

$R_a$  – сопротивление обмотки якоря.

Так как при пуске угловая скорость вращения якоря  $\Omega=0$ , то и

$$E = k \cdot \Phi \cdot \Omega = 0. \quad (2)$$

Здесь  $k$  – коэффициент пропорциональности,

$\Phi$  – магнитный поток возбуждения ЭД.

Значение пускового тока ЭД  $I_{\text{пуск}} = \frac{U}{R_a}$  действительно будет большим

в виду малости сопротивления обмотки якоря  $R_a$  (в зависимости от мощности ЭД становится десятые, сотые доли Ома).

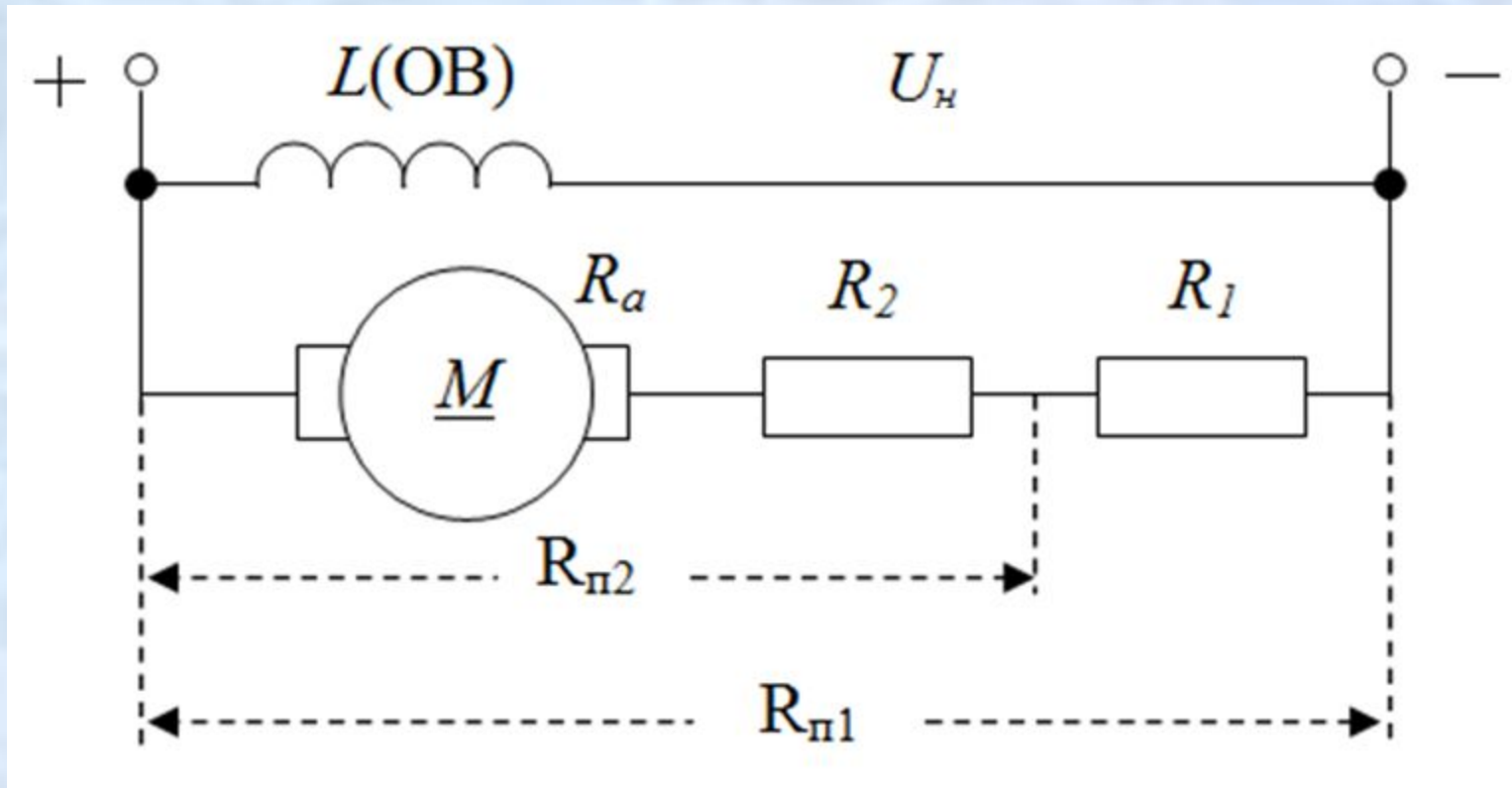


Рис. 1. Электрическая схема включения пускового резистора.

Число ступеней  $z$  пускового резистора при пуске ЭД постоянного тока берут следующим:

$P \leq 10$  кВт – 1...2 ступени;

$10 \text{ кВт} \leq P \leq 30$  кВт – 2..3 ступени.

$P \geq 30$  кВт – 3...4 ступени.

Расчет пусковых резисторов для ЭД параллельного возбуждения выполняются в следующем порядке:

1. Выбирается величина тока переключения (минимальный пусковой ток при котором производится шунтирование ступеней пускового резистора).

Ток переключения должен на 20...50% быть больше тока статической нагрузки  $I_c = I_n$ , чтобы обеспечить «энергичный» разгон ЭД.

$$I_2 = (1,2 \dots 1,5) I_n \quad (3)$$

2. Определяется максимальный пусковой ток по выражению

$$I_1 = I_2 \cdot \sqrt[z+1]{\frac{U_n}{I_2 R_a}} \quad (4)$$

3. Производится проверка коммутационных возможностей ЭД. Кратность максимального пускового тока по отношению к номинальному его значению должна находиться в пределах:

$$\frac{I_1}{I_n} \leq (2 \dots 2,5) \cdot$$

4. Рассчитывается и строится естественная электромеханическая характеристика ЭД (ЭМХ) .

ЭМХ строим по двум точкам:  $(\Omega_0, 0)$  и  $(\Omega_n, I_n)$ .

Скорость идеального хода  $\Omega_0$  определяется из аналитического выражения электромеханической характеристики для номинального режима:

$$\Omega_n = \frac{U_n}{k\Phi} - \frac{R_a}{k\Phi} I_n \quad (5)$$

$$\Omega_0 = \frac{U_n}{k\Phi}$$

$$k\Phi = \frac{U_n - I_n R_a}{\Omega_n} \quad (7)$$

$$\Omega_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n R_a} \Omega_n \quad [1/c]. \quad (8)$$

Номинальное значение скорости вращения ЭД определяется по формуле:

$$\Omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} \quad (9)$$

5. Производится построение нормальной пусковой диаграммы ЭД.

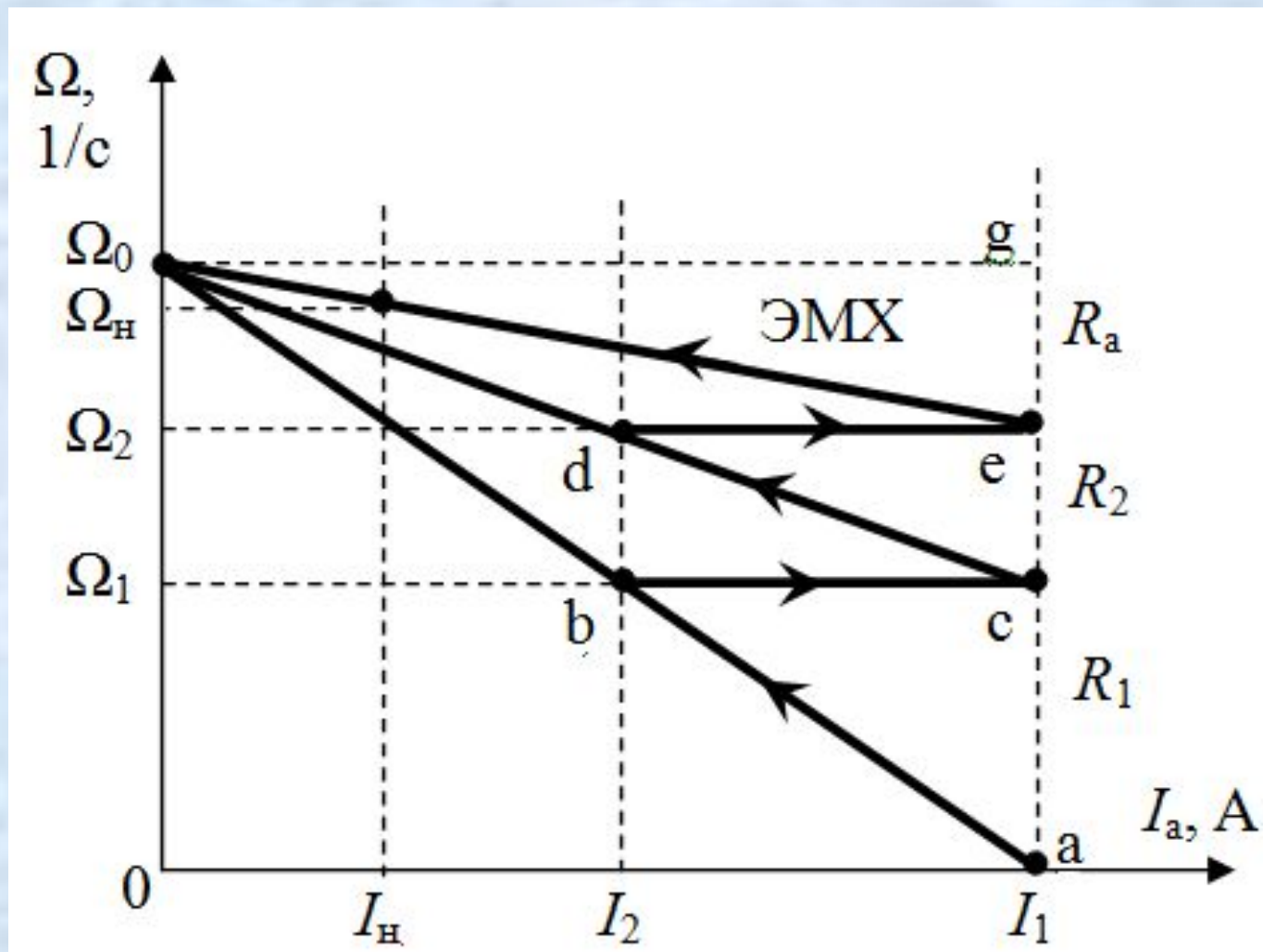


Рис. 2 Пусковая диаграмма ЭД.

6. Из графического построения пусковой диаграммы определяются сопротивления каждой ступени пускового резистора.

На пусковой диаграмме отрезки вертикали, проведенной через точку (а), заключенные между искусственными характеристиками, соответствуют в определенном масштабе ступенями пускового резистора в Оммах.

$$1) \quad \Omega_2 = \Omega_0 - \frac{I_1 R_a}{\kappa \Phi}, \quad \Omega_0 - \Omega_2 = \kappa' R_a, \quad \bar{e}\bar{g} = \frac{R_a}{m_R}$$

$$2) \quad \Omega_1 = \Omega_0 - \frac{I_1 (R_a + R_2)}{\kappa \Phi}, \quad \Omega_0 - \Omega_1 = \kappa' (R_a + R_2), \quad \bar{c}\bar{g} = \frac{R_a + R_2}{m_R}$$

$$3) \quad 0 = \Omega_0 - \frac{I_1 (R_a + R_1 + R_2)}{\kappa \Phi}, \quad \Omega_0 = \kappa' (R_a + R_1 + R_2), \quad \bar{a}\bar{g} = \frac{R_a + R_1 + R_2}{m_R}$$



Масштаб сопротивлений резисторов находится из условия, что вертикаль соответствует полному пусковому сопротивлению ЭД.

$$(R_a + \Sigma R_{Pi}), \text{ т.е. } m_R = \frac{R_a + R_1 + R_2}{\bar{a}\bar{g}}.$$

Так как  $I_1 = \frac{U_H}{R_a + R_1 + R_2}$ , то  $R_a + R_1 + R_2 = \frac{U_H}{I_1}$  и

$$m_R = \frac{U_H}{I_1 \bar{a}\bar{g}}. \quad (10)$$

Сопротивления ступеней пускового резистора определяются по выражениям:

$$R_1 = m_R \bar{a}\bar{c}, [\text{Ом}], \quad R_2 = m_R \bar{c}\bar{e}, [\text{Ом}]. \quad (11)$$

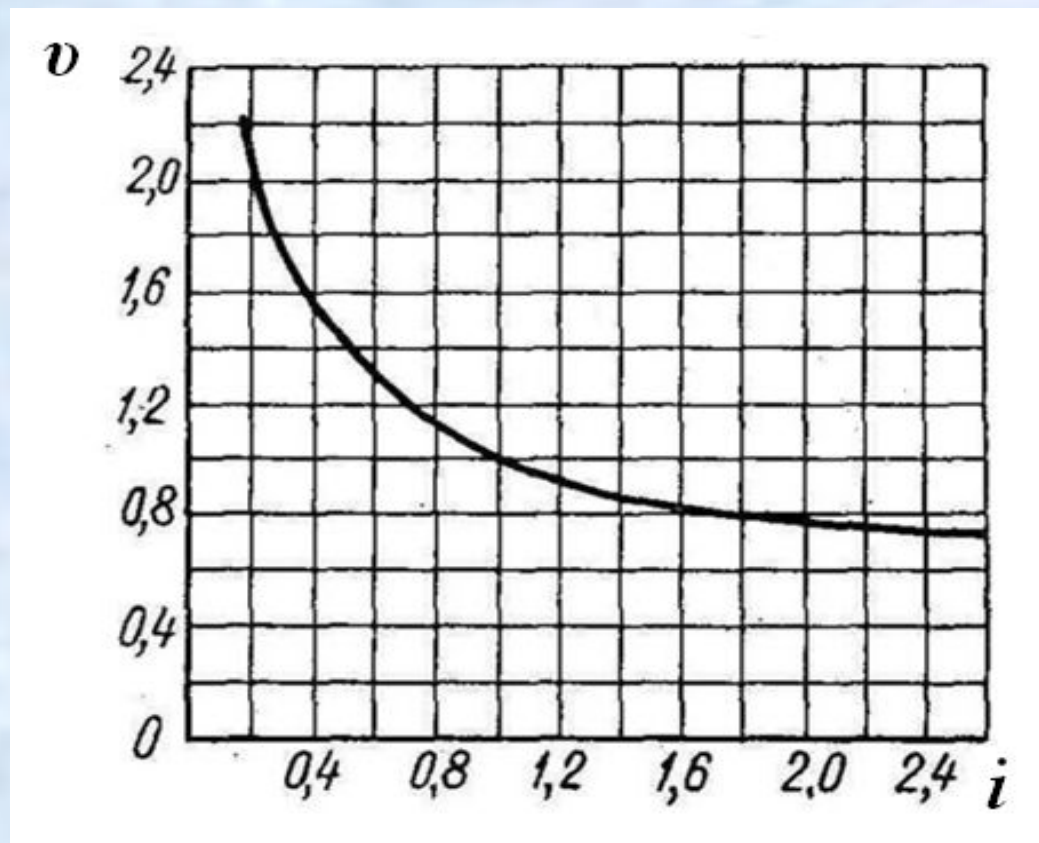
**Расчет пускового резистора для двигателя:** ЭД ДПМЗ1 при зашунтированной последовательной обмотке.

В режиме ПВ=25%,  $P_H=12$  кВт,  $I_H=65$ А,  $n_H=1310$  об/мин,  $U_H=220$ В,  $R_a=1,9$  Ом.

## 2. Расчет пусковых резисторов для электродвигателей (ЭД) постоянного тока смешанного возбуждения.

Алгоритм расчета пусковых резисторов для ЭД смешанного возбуждения осуществляется следующей последовательности :

1. Производится построение ЭМХ используя универсальные характеристики  $v=f(i)$  соответствующих серии электродвигателей [2].



За базисные единицы принимаются номинальные данные ЭД:  $I_n, \Omega_n$ .

Тогда  $I = iI_n$  [А];

$$\Omega = v\Omega_n \text{ [1/с]}, \quad \text{где } \Omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} . \quad (12)$$

Значениями относительного тока двигателя задаются значения относительной частоты вращения ЭД, определяются графическим путем из универсальных характеристик.

Результаты вычислений по формулам (12) сводятся в таблицу.

$i$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$v$					
$I$ [А]					
$\Omega$ [1/с]					

По данным таблицы производится построение ЭМХ (рис. 1).

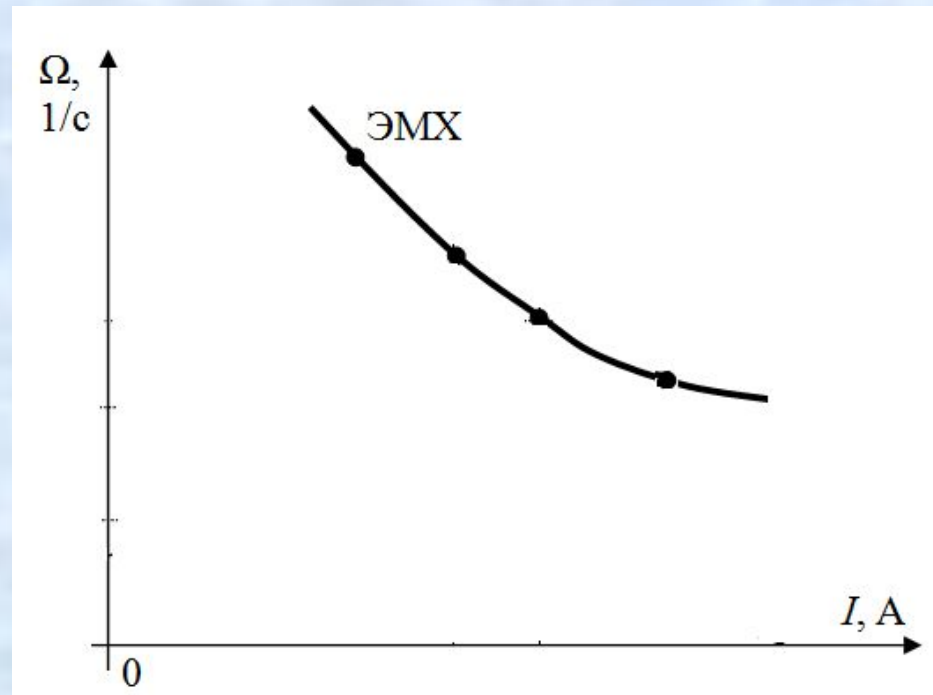


Рис. 1.

2. Определяется внутреннее сопротивление двигателя.

$$R_g = R_a + R_{co}, \quad (13)$$

где  $R_{co}$  - сопротивление последовательной обмотки возбуждения.

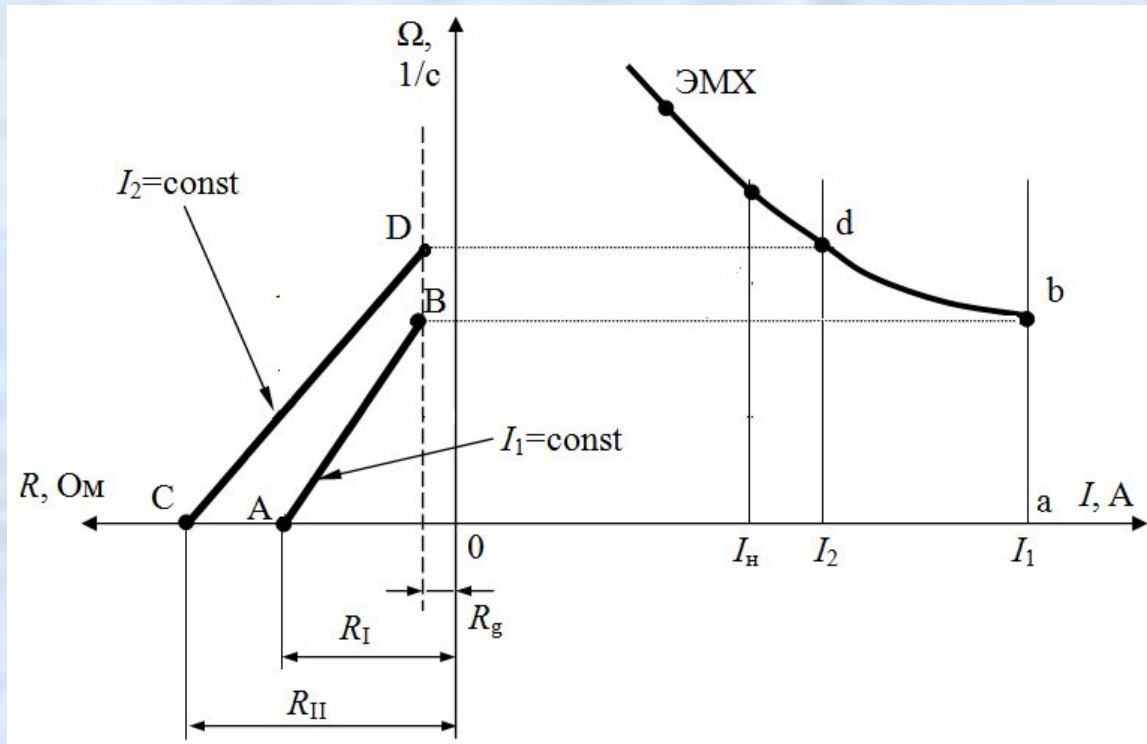
3. Выбираются значения наибольшего пускового тока  $I_1$  и тока переключения ступеней  $I_2$ :

$$I_1 = (2 \dots 2,7) I_n, \quad I_2 = (1,2 \dots 1,5) I_n. \quad (14)$$

4. Производятся графические построения линий постоянства наибольшего пускового тока и тока переключения ступеней пускового резистора.

Во втором квадранте в осях  $\Omega$ ,  $R$  проводится вертикаль в точку с абсциссой  $-R_g$  и строятся прямые АВ (линия постоянства тока  $I_1$ ) и СД (линия постоянства тока переключения  $I_2$ ), для чего рассчитываются абсциссы точек А и С по формулам:

$$R_I = \frac{U_H}{I_1}, \quad R_{II} = \frac{U_H}{I_2} . \quad (15)$$

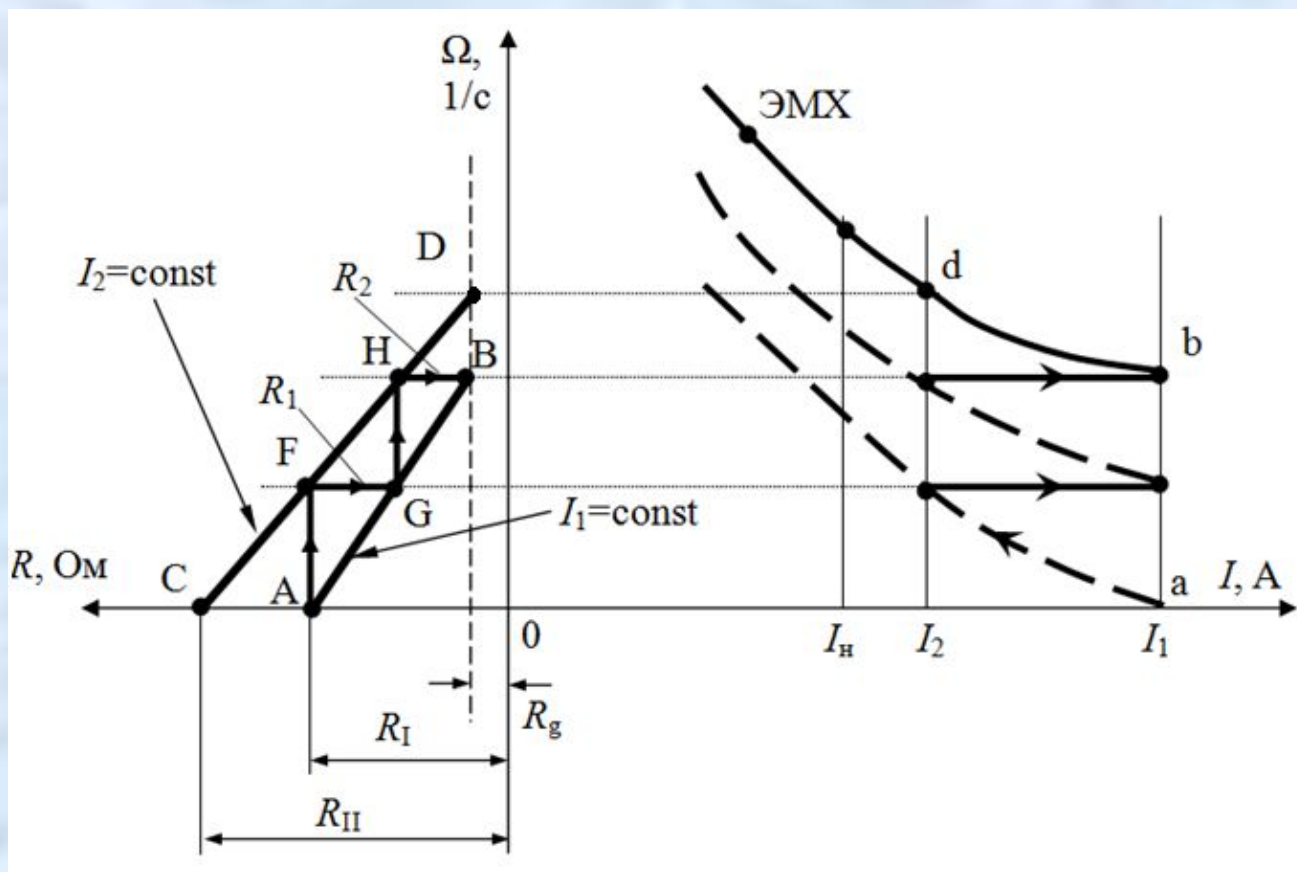


5. Из графического построения определяются величины сопротивлений ступеней пускового резистора.

Горизонтальные отрезки, заключенные между линиями токов, дадут в выбранном масштабе величины сопротивлений пускового резистора:

$$R_1 = m_R \overline{FG}, \quad R_2 = m_R \overline{HB}.$$

Полное сопротивление пускового резистора в цепи якоря ЭД определяется как:

$$R_{II} = R_I + R_2. \quad (16)$$


## Расчет пускового резистора для двигателя смешанного возбуждения: ЭД ДПМ31 смешанного возбуждения.

В режиме ПВ=25%,  $P_H=12$  кВт,  $I_H=65$  А,  $n_H=1310$  об/мин,  $U_H=220$  В,  
 $R_a=0,19$  Ом,  $R_{co}=0,029$  Ом.

