



Механические характеристики производственных механизмов и электродвигателей

1. Основные понятия.
2. Механические характеристики производственных механизмов и их классификация.
3. Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

Основные понятия.

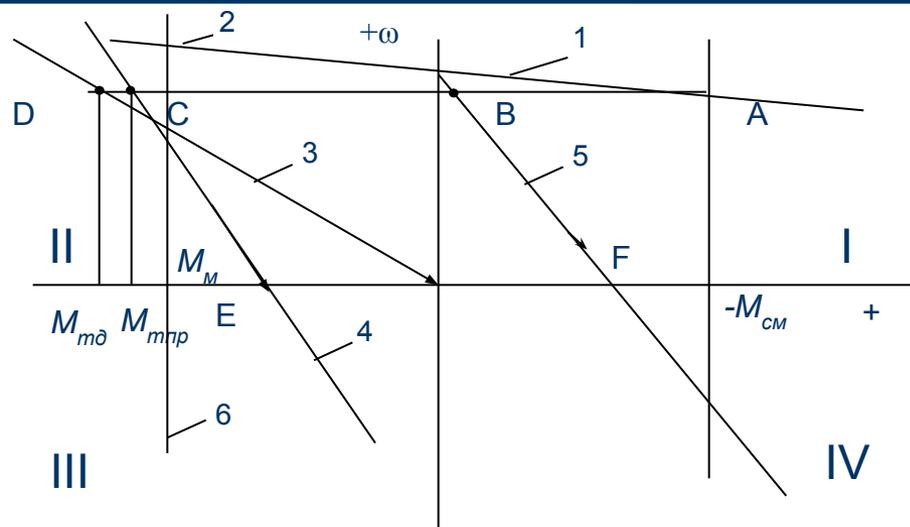
Моменты M (двигателя) и M_M (рабочей машины) могут зависеть от времени, от положения, от скорости.

Зависимости $M=f(\omega)$ и $M_M=f(\omega)$ называют механическими характеристиками соответственно двигателя и нагрузки (механизма).

Основные понятия.

Поскольку как моменты, так и скорость могут иметь различные знаки, механические характеристики могут располагаться в четырех квадрантах плоскости $\omega - M$.

Основные понятия.



1 - механическая характеристика ДПТ в двигательном режиме; 2 – механическая характеристика при рекуперативном торможении; 3 – механическая характеристика при динамическом торможении; 4 – противовключение сменой полярности; 5 – противовключение введением $R_{пр}$; 6 – механическая характеристика рабочей машины.

Примеры механических характеристик



Основные понятия.



Моменты, направленные по движению (движущие), имеют знак, совпадающий со знаком скорости; моменты, направленные против движения (тормозящие), имеют знак, противоположный знаку скорости.

Основные понятия.



Моменты принято делить на *активные и реактивные (пассивным)*.

Активные моменты могут быть как движущими, так и тормозящими, их направление не зависит от направления движения (момент, созданный электрической машиной, момент, созданный грузом). Соответствующие механические характеристики могут располагаться в любом из четырех квадрантов.

Основные понятия.



Реактивные моменты - реакция на движение, они всегда направлены против движения, т.е. всегда тормозящие (момент от сил трения, момент M_M). При изменении направления движения изменяется и направление (знак) реактивного момента. Их механические характеристики всегда располагаются во втором и четвертом квадрантах.

Основные понятия.

Механические характеристики принято оценивать их жесткостью

$$\beta = \frac{dM}{d\omega}$$

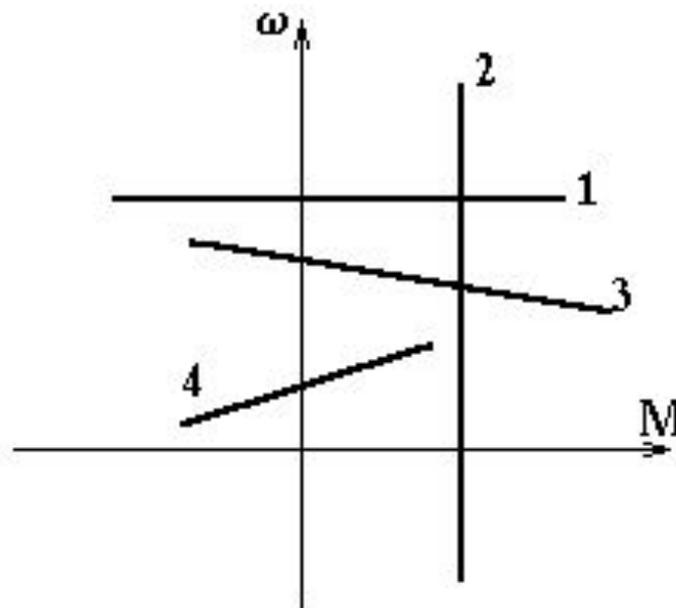
или крутизной

$$\gamma = 1 / \beta.$$

1 – характеристика абсолютно жесткая $\beta = \infty$;

2 – характеристика абсолютно мягкая $\beta = 0$;

3 – с отрицательной жесткостью; 4 – с положительной жесткостью.



Основные понятия.



Механические характеристики двигателя и нагрузки, рассматриваемые совместно, позволяют определить координаты - скорость и моменты - в установившемся (статическом) режиме $\omega_{уст}$ и $M_{уст}$.

Механические характеристики производственных механизмов и их классификация

В общем случае механические характеристики
производственных механизмов можно описать
формулой Бланка

$$M_M = M_{M0} + (M_{MH} - M_{M0}) \cdot (\omega_M / \omega_{MH})^x$$

Механические характеристики производственных механизмов и их классификация

Характеристики производственных механизмов
подразделяют на четыре основные группы

$X=0$

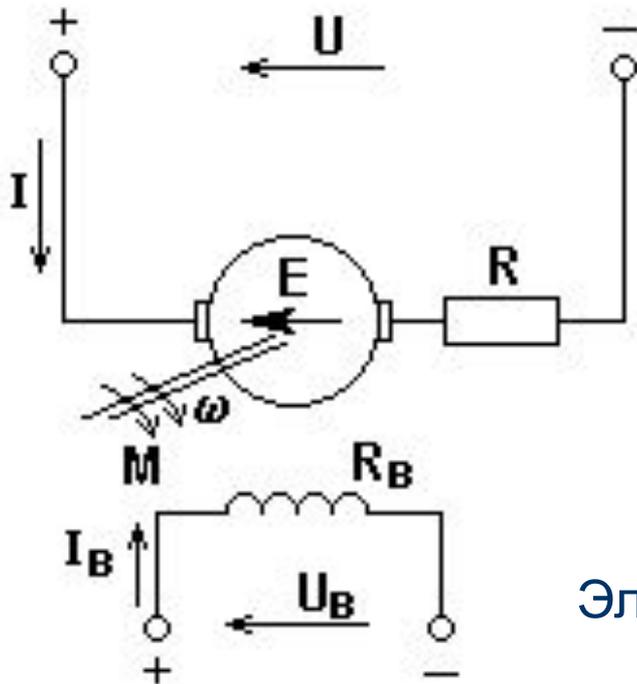
$X=1$

$X=2$

$X=-1$

Такая характеристика свойственна главному приводу
металлорежущих станков (токарных, фрезерных,
сверлильных).

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.



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

$$\omega = \frac{U - I \cdot R}{C_M \cdot \Phi}$$

Электромеханическая характеристика

Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

$$M = C_m \cdot \Phi \cdot I ,$$

$$I = \frac{M}{C_m \cdot \Phi}$$

$$\omega = \frac{U}{C_m \Phi} - \frac{MR}{C_m^2 \Phi^2}$$

Уравнение механической характеристики двигателя
постоянного тока

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

Естественной характеристикой называется такая характеристика двигателя, которая получается при Отсутствии внешних сопротивлений в якорной цепи и номинальных значениях напряжения и магнитного потока двигателя

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

Координаты номинальной точки

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}; \quad \omega_n = \frac{\pi n_n}{30};$$

Координаты точки холостого хода

$$M = 0; \quad \omega_0 = \omega_n \cdot \frac{U_n}{U_n - I_n R_a}$$

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

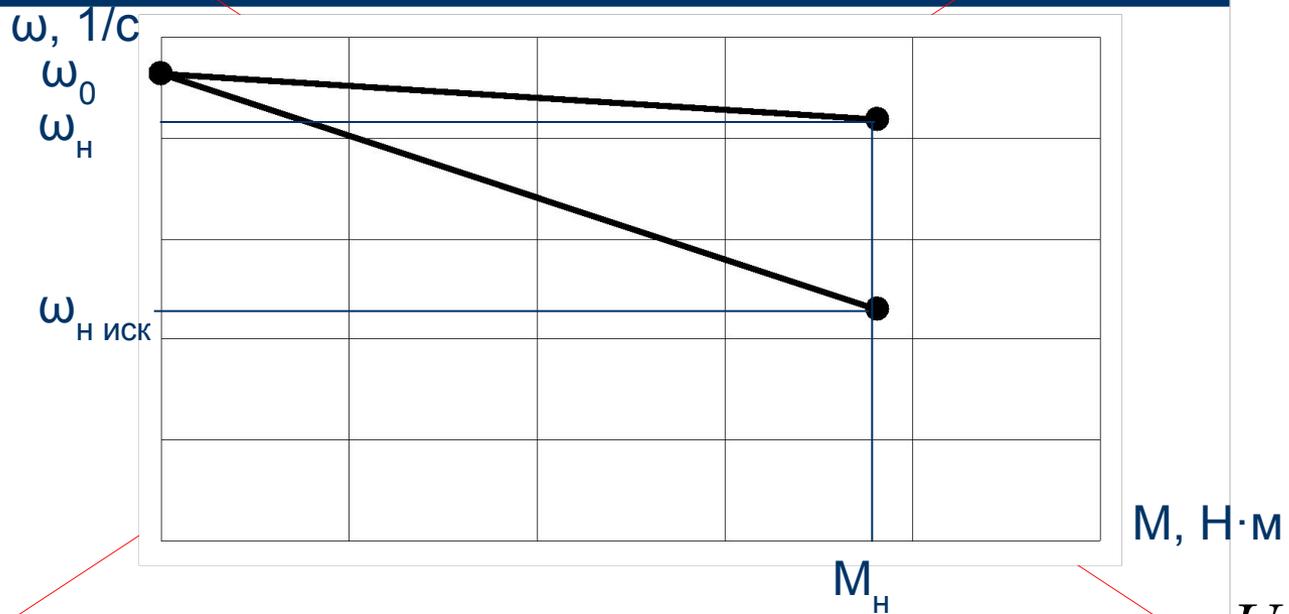
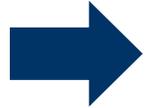
$$\text{При } M = 0; \omega_0 = \frac{U_H}{C_M \cdot \Phi} \Rightarrow C_M \cdot \Phi = U_H / \omega_0;$$

$$E = U_H - I_H \cdot R_a; E = C_M \cdot \Phi \cdot \omega_H \Rightarrow$$

$$U_H = \frac{U_H - I_H \cdot R_a}{C_M \cdot \Phi} = \frac{U_H - I_H \cdot R_a}{U_H} \cdot \omega_0 \Rightarrow$$

$$\omega_0 = \frac{U_H \cdot \omega_H}{U_H - I_H \cdot R_a}$$

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.



$$\omega_{ниск} = \frac{U_n - I_n(R_a + R_{доб})}{U_n - I_n \cdot R_a}$$

$$R_a = 0,5(1 - \eta_n) \cdot \frac{U_n}{I_n}$$

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.



1 – естественная механическая характеристика; 2 – характеристика при изменении потока возбуждения; 3 – характеристика при введении добавочного сопротивления в цепь якоря; 4 – характеристика при изменении подводимого напряжения

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.



Механические характеристики двигателя независимого возбуждения при регулировании скорости током возбуждения

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

Пределы регулирования составляют от 2:1 до 5:1, они и ограничиваются следующими факторами:

- ухудшение условий коммутации с возрастанием скорости;
- при больших скоростях требуется повышать механическую прочность якоря.

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.



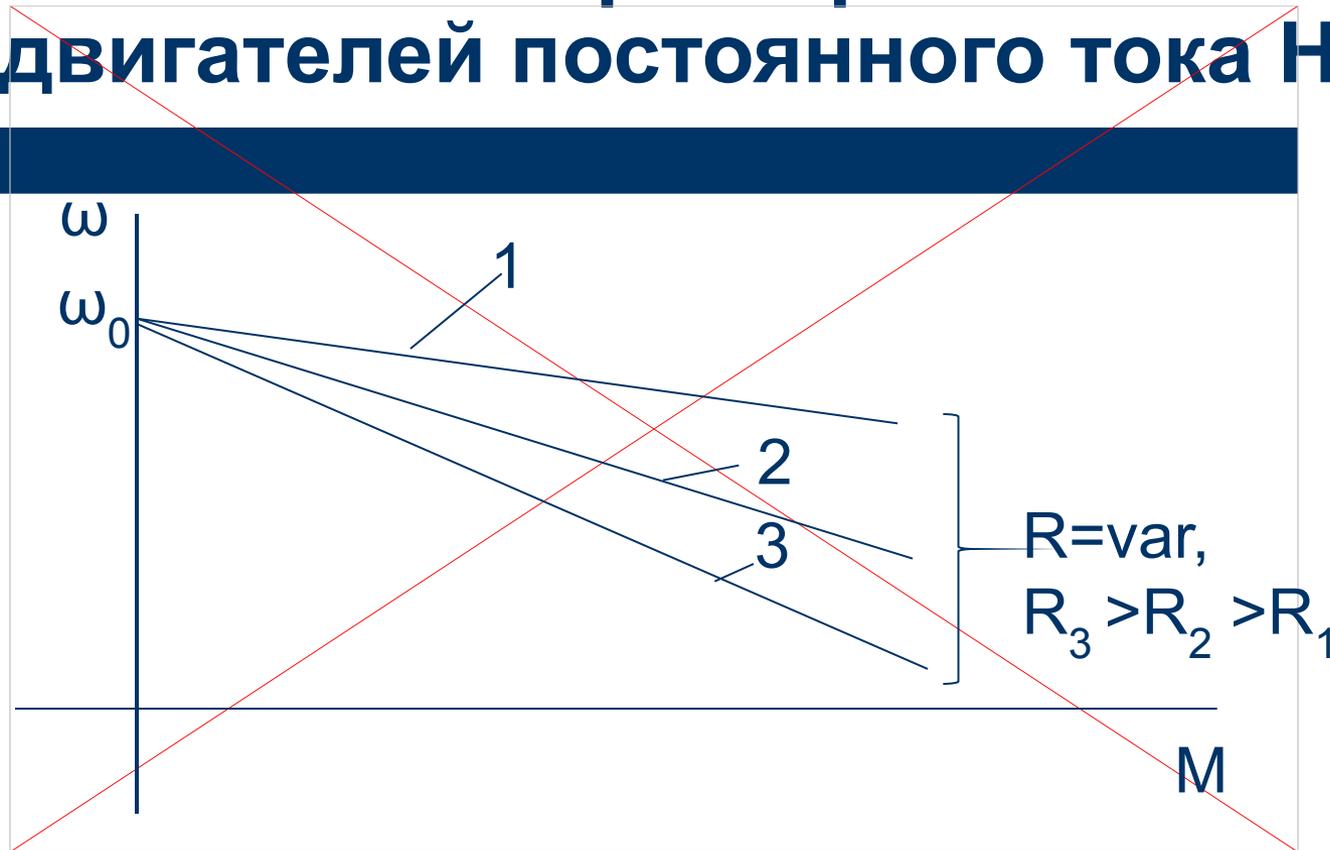
1 – естественная механическая характеристика; 2 – характеристика при напряжении U_1 ; 3 – характеристика при напряжении U_2

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.

Пределы регулирования составляю от 6:1 до 8:1.

Нижний предел регулирования ограничивается тем, что при малых скоростях падение напряжения в цепи якоря при полной нагрузке становится соизмеримым с напряжением генератора и незначительные изменения нагрузки приводят к значительным колебаниям скорости и даже остановке двигателя.

Механические характеристики двигателей постоянного тока НВ.



1 – естественная механическая характеристика; 2 – характеристика при введении в цепь якоря сопротивления R_1 ; 3 – характеристика при введении в цепь якоря сопротивления R_2

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

Для определения сопротивления ступеней пускового реостата предварительно задаемся условиями пуска:

$$M_{n \text{ макс}} = (1,8 \dots 2,5) M_n; I_{n \text{ макс}} = (1,8 \dots 2,5) I_n;$$

$$M_{n \text{ мин}} = (0,5 \dots 1,5) M_n; I_{n \text{ мин}} = (0,5 \dots 1,5) I_n;$$

$$\frac{M_{n \text{ макс}}}{M_{n \text{ мин}}} = \frac{I_{n \text{ макс}}}{I_{n \text{ мин}}} = \lambda.$$

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

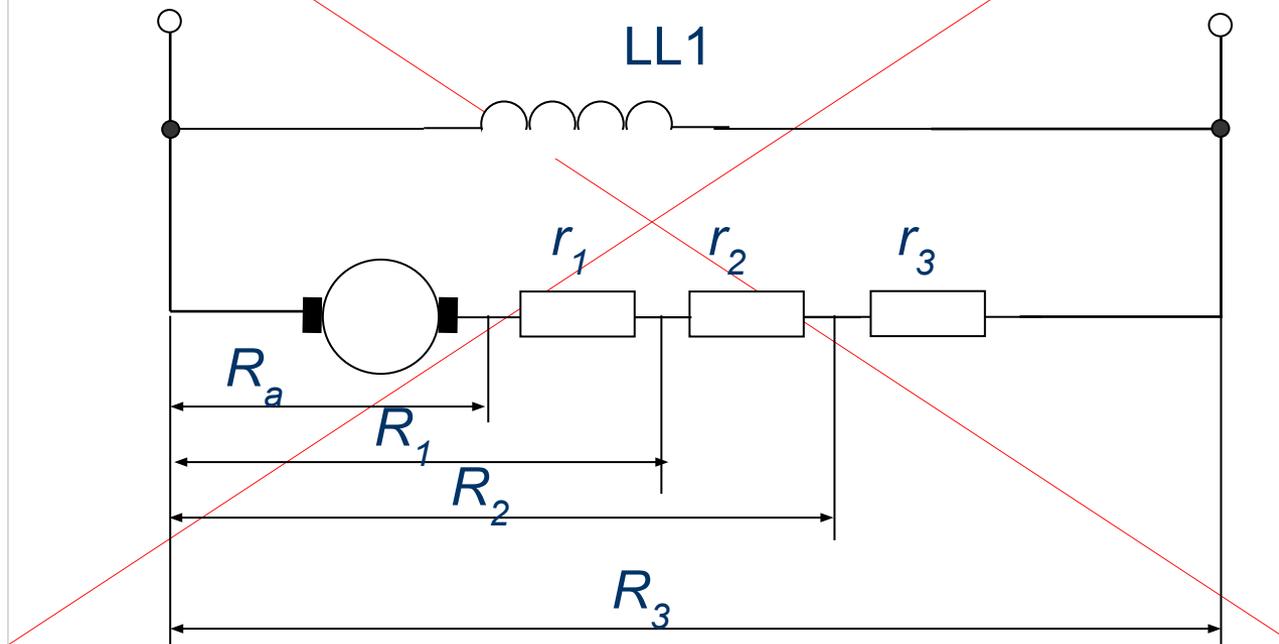
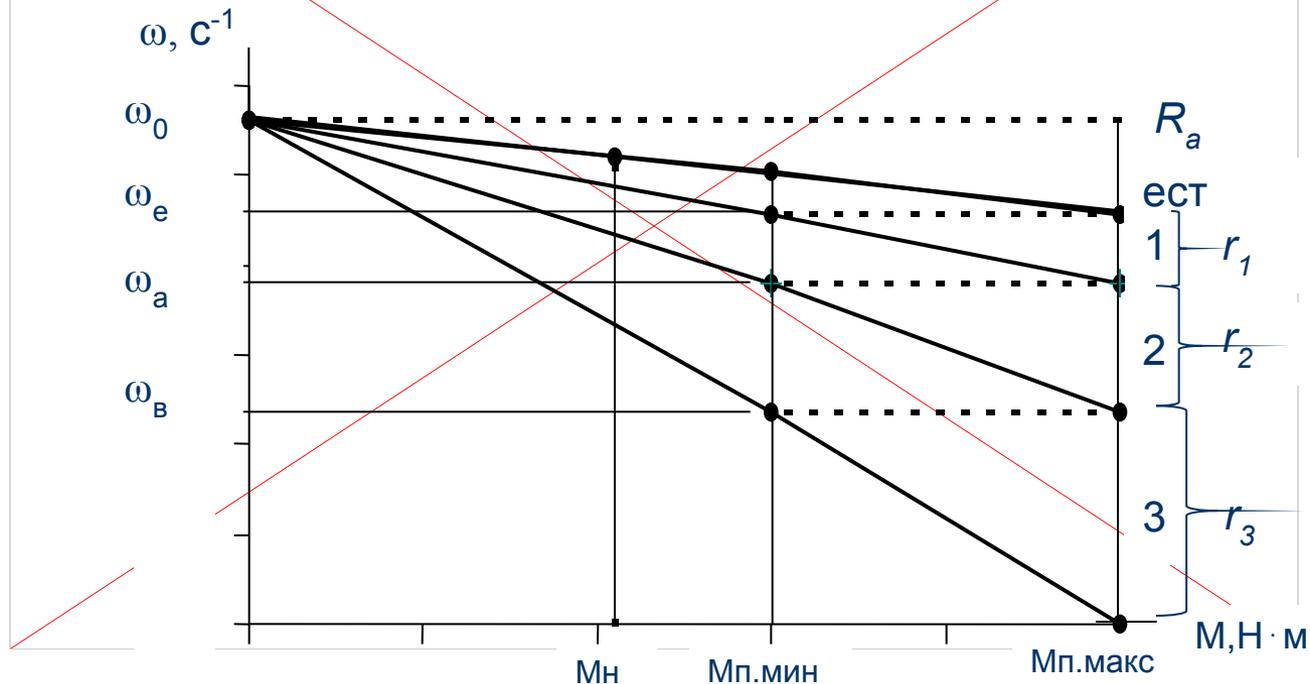


Схема электрическая принципиальная подключения ДПТ с параллельным возбуждением

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата



Механические характеристики ДПТ с параллельным возбуждением естественная и реостатные

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

$$U = E_{ест} + I_{n макс} R_a \quad \text{- для естественной характеристики;}$$

$$U = E_1 + I_{n мин} R_1 \quad \text{- для 1-ой реостатной характеристики;}$$

$$E_{ест} = E_1 = C_e \cdot \Phi \cdot \omega_e \Rightarrow$$

$$I_{n макс} R_a = I_{n мин} R_1; \quad \frac{I_{n макс}}{I_{n мин}} = \frac{R_1}{R_a} = \lambda \Rightarrow R_1 = R_a \cdot \lambda.$$

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

Очевидно, что для следующих характеристик будут справедливы соотношения:

$$R_2 = R_1 \cdot \lambda = R_a \cdot \lambda^2 ;$$

$$R_3 = R_2 \cdot \lambda = R_a \cdot \lambda^3 ;$$

$$R_4 = R_3 \cdot \lambda = R_a \cdot \lambda^4$$

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

Определим соотношения для определения сопротивления ступеней резисторов:

$$r_1 = R_1 - R_a = R_a \cdot \lambda - R_a = R_a \cdot (\lambda - 1)$$

$$r_2 = R_2 - R_1 = R_a \cdot \lambda^2 - R_a \cdot \lambda = R_a \cdot \lambda \cdot (\lambda - 1)$$

$$r_3 = R_3 - R_2 = R_a \cdot \lambda^2 \cdot (\lambda - 1)$$

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

Если задан $I_{п макс}$, то сопротивление якорной цепи при полностью введенных всех Z ступенях пускового реостата будет равно:

$$R_Z = \frac{U_n}{I_{п макс}} = R_a \cdot \lambda^Z \Rightarrow \lambda = \sqrt[Z]{\frac{U_n}{I_{п макс} \cdot R_a}}$$

Расчет пускового реостата для ДПТ. Вывод формулы для определения сопротивления пускового реостата

Но так как $r_z = R_z - R_a$, то

$$r_z = R_a \cdot \lambda^{z-1} \cdot (\lambda - 1)$$

При заданных условиях пуска число ступеней реостата будет равно:

$$Z = \frac{\sqrt[3]{g} \frac{U_n}{I_{n \max} \cdot R_a}}{\sqrt[3]{g} \lambda}$$