

6 Расчёт статических характеристик асинхронного электропривода с фазным ротором

6.2 Характеристики при ступенчатом реостатном пуске

Пуск привода осуществляется согласно схеме, приведенной на рисунке

1. Мы будем исходить из трех ступеней пуска.

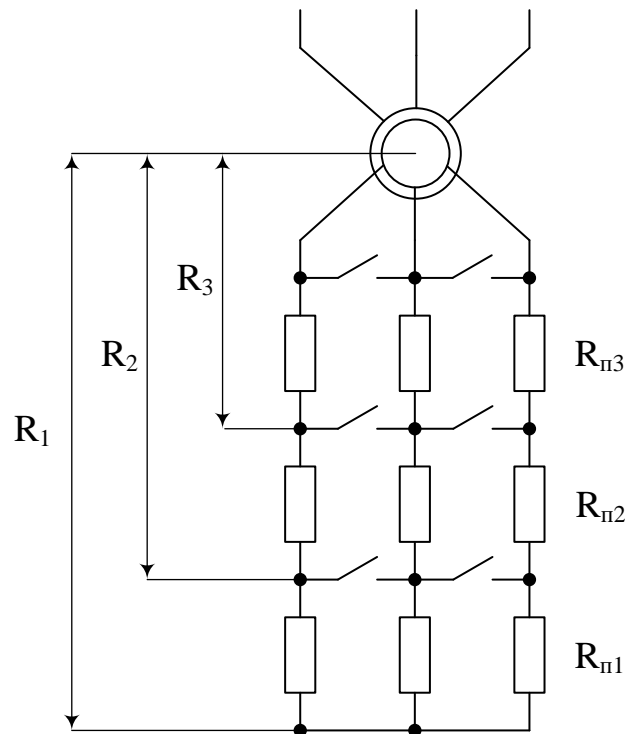


Рисунок 1 – Схема для ступенчатого реостатного пуска АДФР

Величины пусковых сопротивлений рассчитываются графоаналитическим методом лучевой диаграммы в следующем порядке:

- строим естественную механическую характеристику двигателя;
- задаемся первым и вторым моментами переключения;

$$M_{п1} = 0,8M_m = 0,8 \cdot 414,26 = 331,408 \text{ (Н} \cdot \text{м)},$$

$$M_{п2} = 7M_c = 7 \cdot 25,684 = 180 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

- луч “gh” диаграммы проводим через две точки с координатами:

е) $M = M_{п1} = 331,408, \omega = \omega_{e1};$

ф) $M = M_{п2} = 180, \omega = \omega_{e2}.$

- проводим горизонталь “ji” через точку идеального холостого хода с координатами:

h) $M = 0, \omega = \omega_0$.

Точка “j” – есть точка пересечения этой горизонтали с вертикалью “aj”, проведенной через точку “a” с координатами:

g) $M = M_{п1} = 331,408, \omega = \omega_0$.

- продолжаем луч “gh” до пересечения с горизонталью “ji” в точке “А”;

- строим полную лучевую диаграмму с пересечением лучей в точке “А”.

Если до естественной характеристики не укладывается целое число пусковых ступеней, то следует вернуться в пункт 2, задаться несколько большим, чем в первом случае, значением момента и повторить расчеты и построения – так я и сделал, и взял $M_{п2} = 180$ (Н·м). Построенная диаграмма представлена на рисунке 2.

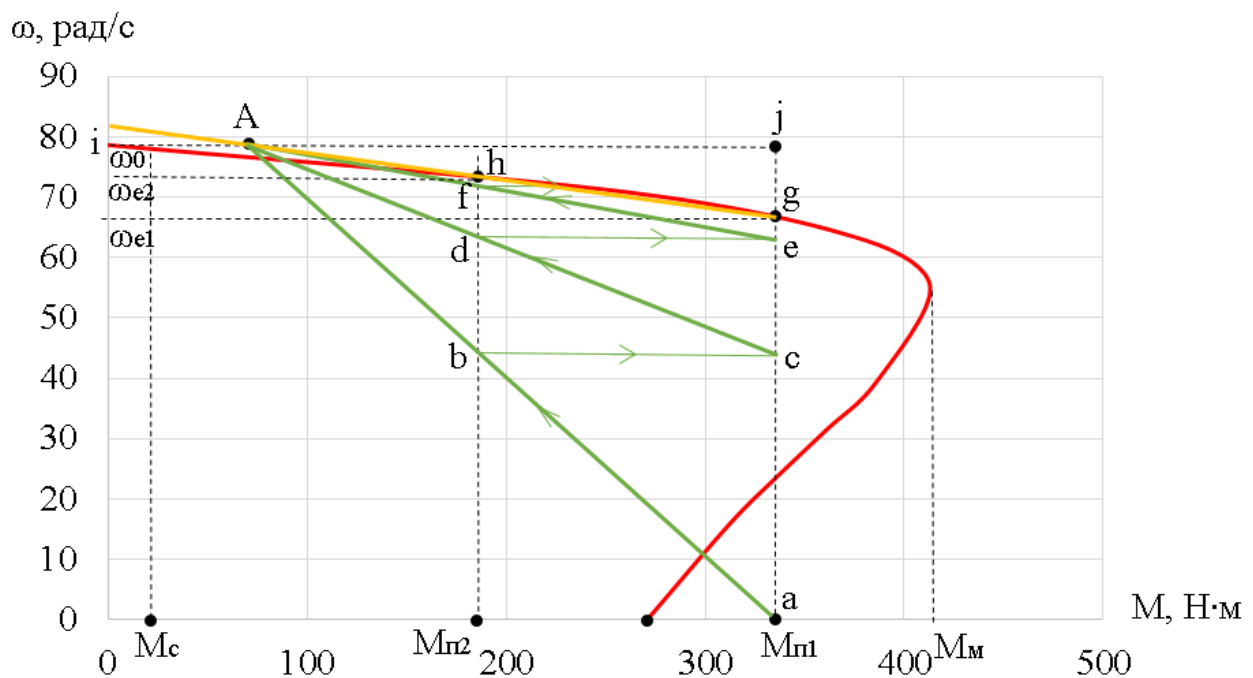


Рисунок 2 – Лучевая диаграмма

Рассчитываем сопротивления пусковых ступеней согласно выражениям:

$$R_{п1} = r_p \cdot \frac{ac}{gj} = 0,13 \cdot \frac{43,49}{12} = 0,47 \text{ (Ом)},$$

$$R_{n2} = r_p \cdot \frac{ce}{gj} = 0,13 \cdot \frac{19,33}{12} = 0,2 \text{ (Ом)},$$

$$R_{n3} = r_p \cdot \frac{eg}{gj} = 0,13 \cdot \frac{4,83}{12} = 0,05 \text{ (Ом)}.$$

Теперь рассчитываем параметры с учетом реостатов.

Для R_1 :

$$r_p' = k_r \cdot (r_p + R_{n1} + R_{n2} + R_{n3}) = 3,84 \cdot (0,13 + 0,47 + 0,2 + 0,05) = 3,26 \text{ (Ом)},$$

$$x_p' = k_r \cdot x_p = 3,84 \cdot 0,23 = 0,88 \text{ (Ом)}.$$

$$s_k = \frac{r_p'}{\sqrt{r_c^2 + (x_c + x_p')^2}} = \frac{3,26}{\sqrt{0,53^2 + (0,56 + 0,88)^2}} = 2,12,$$

$$q = \frac{r_c \cdot 2s_k}{r_p'} = \frac{0,53 \cdot 2 \cdot 2,12}{3,26} = 0,69.$$

$$M = M_m \cdot \frac{2 + q}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + q},$$

$$\omega = \omega_0(1 - s).$$

В таблицу 1 заносим значения s , M и ω с учетом полного сопротивления ротора R_1 .

Таблица 1 – Значения для построения характеристики

s	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0
M , Н·м	339,6	299,77	275,2	247,28	215,7	141,09	97,88	50,79	0
ω , рад/с	0	15,706	23,56	31,4	39,27	54,97	62,82	70,67	78,67

Для R_2 :

$$r_p' = k_r \cdot (r_p + R_{n2} + R_{n3}) = 3,84 \cdot (0,13 + 0,47 + 0,05) = 2,49 \text{ (Ом)},$$

$$x_p' = k_r \cdot x_p = 3,84 \cdot 0,23 = 0,88 \text{ (Ом)}.$$

$$s_k = \frac{r_p'}{\sqrt{r_c^2 + (x_c + x_p')^2}} = \frac{2,49}{\sqrt{0,53^2 + (0,56 + 0,88)^2}} = 1,62,$$

$$q = \frac{r_c \cdot 2s_k}{r_p'} = \frac{0,53 \cdot 2 \cdot 1,62}{2,49} = 0,69.$$

$$M = M_m \cdot \frac{2 + q}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + q},$$

$$\omega = \omega_0(1 - s).$$

В таблицу 2 заносим значения s , M и ω с учетом полного сопротивления ротора R_2 .

Таблица 2 – Значения для построения характеристики

s	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0
M , Н·м	380,7	406,7	395,36	376,9	349,3	257,75	189,19	103,3	0
ω , рад/с	0	15,706	23,56	31,4	39,27	54,97	62,82	70,67	78,67

Для R_3 :

$$r_p' = k_r \cdot (r_p + R_{п3}) = 3,84 \cdot (0,13 + 0,05) = 0,69 \text{ (Ом)},$$

$$x_p' = k_r \cdot x_p = 3,84 \cdot 0,23 = 0,88 \text{ (Ом)}.$$

$$s_k = \frac{r_p'}{\sqrt{r_c^2 + (x_c + x_p')^2}} = \frac{0,69}{\sqrt{0,53^2 + (0,56 + 0,88)^2}} = 0,45,$$

$$q = \frac{r_c \cdot 2s_k}{r_p'} = \frac{0,53 \cdot 2 \cdot 0,45}{0,69} = 0,69.$$

$$M = M_m \cdot \frac{2 + q}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + q},$$

$$\omega = \omega_0(1 - s).$$

В таблицу 3 заносим значения s , M и ω с учетом полного сопротивления ротора R_3 .

Таблица 3 – Значения для построения характеристики

s	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0
M , Н·м	331,4	367,74	385,8	401,8	412,56	390	329,26	205,9	0
ω , рад/с	0	15,706	23,56	31,4	39,27	54,97	62,82	70,67	78,67

При реостатном пуске достигаются благоприятные пусковые характеристики, так как высокие значения моментов достигаются при невысоких значениях пусковых токов. В настоящее время АДФР заменяются комбинацией асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и частотным преобразователем.

На рисунке 3 изображены характеристики при реостатном пуске АДФР.

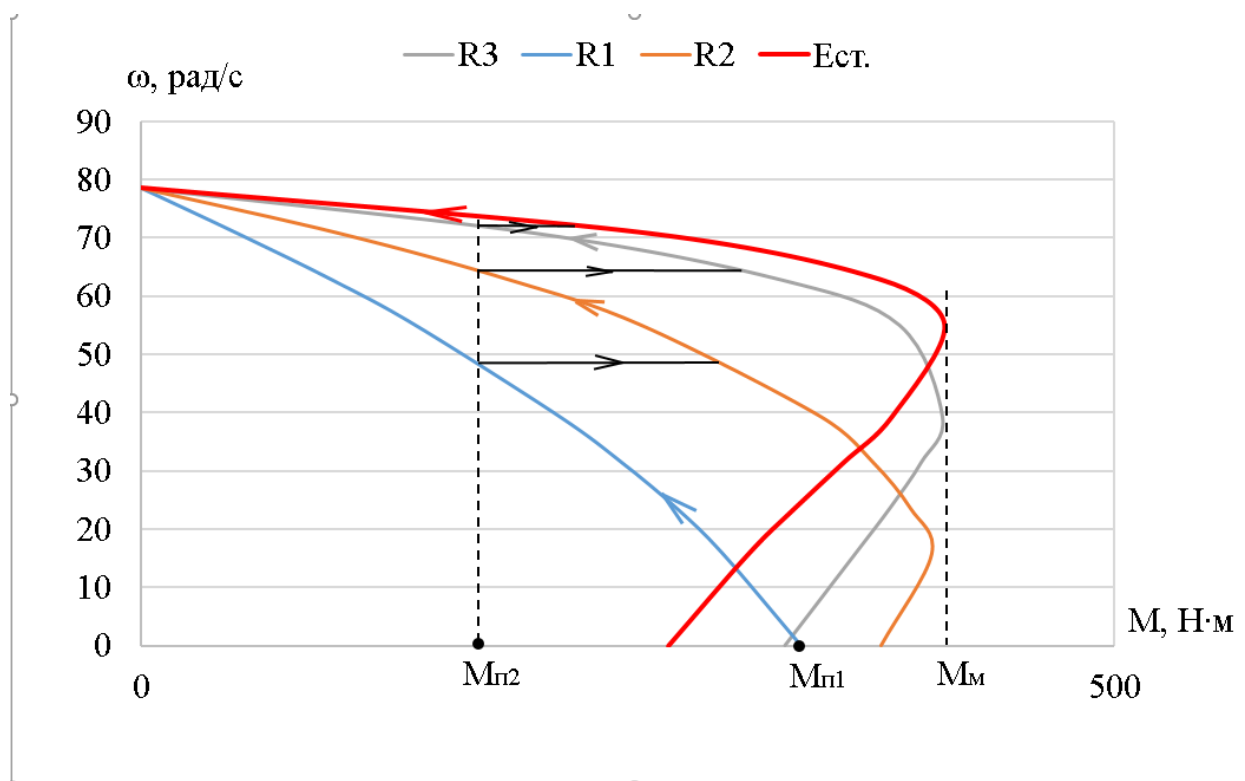


Рисунок 3 – Характеристики при ступенчатом реостатном пуске