

Представляя V_r как производную ds/dt , где s – дуговая координата некоторой характерной точки ротора, и интегрируя (4.2), находим закон движения ротора вдоль эстакады на этапе разгона:

$$s = \frac{2}{3} \left(\frac{2W}{M_p} \right)^{1/2} t^{3/2}. \quad (4.3)$$

Касательное ускорение точек ротора:

$$w_\tau = \frac{dV_r}{dt} = \frac{1}{2} \left(\frac{2W}{M_p} \right)^{1/2} t^{-1/2}, \quad (4.4)$$

кроме значений t , принадлежащих малому промежутку $[0, t_1']$ пуска электродвигателя.

В проекции на нормаль соотношение для элемента ротора с единичной длиной и соответствующей массой m имеет вид:

$$\frac{mV_a^2}{\rho} = mg - N,$$

где ρ – радиус кривизны траектории; N – магнитное давление системы подвеса. Для невозмущенного движения $\rho = R$, тогда

$$N = m \left(g - \frac{V_a^2}{R} \right).$$

Это усилие магнитного подвеса, приходящееся на 1 м длины ротора. Оно изменяется от значения веса mg_1 элемента в начале разгона ($g_1 = g - \frac{V_e^2}{R}$ – ускорение свободного падения на экваторе) до нуля, когда

$V_a = V_1 = (gR)^{1/2}$, затем меняет знак и достигает значения $m \left(\frac{V_0^2}{R} - g \right)$ в конце

этапа разгона. Эта величина меньше веса элемента ротора на интервале изменения его абсолютной скорости $[V_1, V_2]$, где $V_2 = (2gR)^{1/2}$ – вторая космическая скорость. В момент достижения V_2 усилие N принимает значение, равное силе тяготения элемента, но направлено вниз. На участках эстакады, где по условиям рельефа местности $R_{кр} < R$, величина N может превышать в несколько раз вес элемента ротора.

4.5. Динамика возмущенного движения ротора при нарушениях работы системы разгона

На огромном протяжении эстакады и в течение большого промежутка времени разгона – несколько суток – в ускорительной системе могут возникнуть различного рода нештатные ситуации, отклоняющие процесс разгона ротора от номинального режима. К ним относятся: выход из строя одного или нескольких агрегатов на одной из электростанций, питающей энергией некоторый участок ускорительной системы; выход из строя всей электростанции или системы подвода энергии от нее; нарушения в работе самой ускоряющей системы, приводящие к падению мощности на некотором участке и т. д. Такие нарушения могут и не приводить к серьезным возмущениям, изменяя лишь общие характеристики движения ротора – ускорение, скорость, время разгона. Но при более высоком уровне нарушений возможны необратимые последствия. Наиболее серьезные из них – касание ротором оболочки, опасный уровень продольных колебаний ротора, возникновение резонанса и др. – могут привести к разрушениям системы ОТС.

Возникает проблема определения всех возможных отклонений от номинального режима, их различных сочетаний, выявления степени воздействия на процесс разгона ротора, определения границ допустимых отклонений, не приводящих к серьезным последствиям, и мер по ликвидации отклонений за пределами таких границ.

Большая группа нарушений приводит к изменению мощности на некотором участке ΔL линейного электродвигателя и, соответственно, изменению тягового усилия на этом участке. Неоднородность силового воздействия скажется, прежде всего, на локальных по положению и времени изменениях ускорения и скорости частей ротора, которые проходят участок ΔL . Последствием этих изменений будут продольные колебания в конструкции ротора.

Для исследования таких колебаний используем дискретную модель ротора в виде системы n материальных точек одинаковой массы m , замкнутых в форме кольца и соединенных упруго-вязкими связями. Вводим потенциальную энергию упругих связей:

$$\Pi(u_i) = \frac{C}{2} \sum_{i=1}^n (u_i - u_{i+1})^2, \quad (4.5)$$

где C – жесткость связей; $u_i(t)$ – отклонение i -й точки от ее положения в роторе, принимаемом как жесткое кольцо, при номинальном режиме его разгона, описываемом уравнением (4.1) и зависимостями (4.2)–(4.4), соответственно, для скорости, перемещения и ускорения ротора. При этом выполняется условие замкнутости кольца $u_{n+1} = u_1$.